

**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

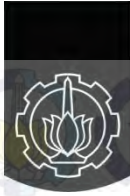
TUGAS AKHIR - TE141599

## RANCANG BANGUN KUALIFIKATOR SUSU SAPI BERBASIS MIKROKONTROLER

Tri Santoso  
NRP 2212106094

Dosen Pembimbing  
Suwito, ST., MT.  
Ir. Tasripan, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE141599

# **THE DESIGN OF QUALIFIERS COW'S MILK BASED MICROCONTROLLER**

Tri Santoso  
NRP 2212106094

Lecturer  
Suwito, ST., MT.  
Ir. Tasripan, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty Of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

# **RANCANG BANGUN KUALIFIKATOR SUSU SAPI BERBASIS MIKROKONTROLER**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Elektronika  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**Suwito, ST., MT.  
NIP. 198101052005011004**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Tasripan, MT.  
NIP.196204181990031004**





**LEMBAR PERNYATAAN  
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Tri Santoso  
Nrp. : 2212106094  
Jurusan / Fak. : T. ELEKTRO / fak. T. INDUSTRI (FTI)  
Alamat kontak : Jl. Kejawen Gebang II, no. 21  
a. Email : tri.san1983@gmail.com  
b. Telp/HP : 081225825855

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-Exclusive Royalti-Free Right*) kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :


RANCANG BANGUN KUALIFIKATOR SUSA SAPI  
BERBASIS MIKROKONTROLER


Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya  
Pada tanggal : 27 Juni 2016  
Yang menyatakan,

Dosen Pembimbing 1

  
.....  
SUWITO S.T., MT.  
NIP. 198101052005011004

  
.....  
TRI SANTOSO  
Nrp. 2212106094

**KETERANGAN :**

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

## **RANCANG BANGUN KUALIFIKATOR SUSU SAPI BERBASIS MIKROKONTROLER**

**Nama Mahasiswa : Tri Santoso**  
**NRP : 2212106094**  
**Jurusan : Teknik Elektro FTI-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Suwito, ST.,MT.**  
**Ir. Tasripan, MT.**

### **Abstrak**

Monitoring kualitas susu sapi pada model peternakan rakyat atau ternak rumahan umumnya hanya dilakukan secara manual. Belum tersedianya peralatan uji yang mudah dan murah menjadi faktor penyebabnya. Hal ini berakibat pada penilaian kualitas susu dari peternak tidak dapat dilakukan secara objektif. Distributor atau pihak penampung susu yang dijalankan oleh Koperasi Unit Desa (KUD) maupun swasta hanya melakukan uji fisik (visual dan rasa) serta berat jenis susu menggunakan *lactodensimeter*. Sedangkan peternak hampir tidak pernah melakukan pengujian susu ke laboratorium karena biaya uji yang mahal. Akhirnya klasifikasi susu dari peternak hanya didasarkan pada uji fisik & berat jenis. Uji kualitas tersebut menjadi tolok ukur penentuan harga susu yang dibayarkan ke peternak.

Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan sebuah *prototipe* alat pengkualifikasi susu sapi yang mengacu pada parameter berupa keasaman dan berat jenis susu. Hasil pembacaan dari sensor PH dan berat jenis untuk masing-masing parameter diakusisi oleh mikrokontroler. Data diolah dan ditampilkan pada LCD dengan hasil berupa nilai pH, berat jenis dan *grade* kualitas susu (A, B, atau C). Dengan adanya otomatisasi pada proses klasifikasi susu, diharapkan mampu meningkatkan objektifitas dalam uji kualitas susu peternak. Hasil pengujian menunjukkan pada pembacaan berat menggunakan sensor *load cell* 5 Kg mempunyai toleransi eror sebesar 0.1%, untuk volume sebesar 3% dan nilai pH sebesar 2%. Metode pembobotan untuk kualifikasi *grade* susu mampu menghasilkan pembacaan yang sama dengan hasil uji manual. Parameter uji kualitas lainnya masih perlu dikembangkan agar kemampuan alat mampu mendekati hasil uji laboratorium dengan waktu uji yang lebih cepat.

**Kata Kunci :** susu sapi, keasaman, PH, berat jenis, mikrokontroler, kualitas.



---Halaman ini sengaja dikosongkan---



## **THE DESIGN OF QUALIFIERS COW'S MILK BASED MICROCONTROLLER**

**Name Of Student** : Tri Santoso  
**NRP** : 2212106094  
**Department** : Electrical Engineering FTI-ITS  
**Advisor Lecturer** : Suwito, ST.,MT.  
Ir. Tasripan, MT.

### **Abstract**

The quality monitoring of milk cows on the individual cattle or small cattle models is done manually. The main cause is unavailability of equipment and the cost factor. This results in an assessment of the quality milk from farmers is not objective. Distributor or the milk container which is run by the Cooperatives (KUD) and private, just to test the physical (visual and taste) as well as the density of milk using lactodensimeter. While farmers almost never do milk testing to laboratory, because the costs of expensive. Finally, the classification of milk from farmers is only based on physical test and density. Test the quality of the benchmark pricing of milk paid to farmers.

In this final task will be to design a classifier tool cow's milk-based quality, which refers to the argument which is the acidity and density of milk. The readings from the acidity sensor (PH) and density for each parameter acquired by the microcontroller. Then the data is processed and displayed on the LCD results in a value of degree of acidity, density and grade the quality of milk (A, B, or C). With the classification of automation is expected to improve the objectivity and speed up the process of testing the quality of milk from farmers. The test results showed the weight readings using a 5Kg load cell sensor has an error tolerance of 0.1%, on volume of 3% and a pH value of 2%. Weighting method for qualifying grade milk can result the same reading with the manually testing method. Other quality test parameters still need to be developed so that the ability of the tool is capable of approaching the laboratory test results with faster test times.

**Keywords** : cow's milk, acidity, PH, specific gravity, microcontroller, quality grade





# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	 <b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	4
1.3 Permasalahan .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
1.6 Relevansi.....	5
 <b>BAB II TEORI PENUNJANG .....</b>	 <b>7</b>
2.1 Persyaratan Mutu Susu Sapi .....	7
2.1.1 Berat Jenis Susu.....	8
2.1.2 Nilai pH Susu .....	10
2.2 Mikrokontroler AVR AtMega16.....	11
2.2.1 Konfigurasi Pin.....	11
2.2.2 Spesifikasi ATmega16.....	13
2.3 <i>Load Cell</i> 5 Kg.....	14
2.3.1 HX711 .....	16
2.4 Sensor Ultrasonic HC-SR04 .....	17
2.5 Sensor pH .....	19
2.5.1 E-201-C-9 .....	21
2.6 LCD .....	21
 <b>BAB III RANCANG BANGUN ALAT .....</b>	 <b>23</b>
3.1 Perancangan Sistem .....	23
3.1.1 <i>Flowchart Software</i> .....	24
3.2 Perancangan Perangkat Keras .....	25
3.2.1 Timbangan Berat <i>Load Cell</i> 5 Kg.....	25
3.2.2 Pengukuran Volume .....	30
3.2.3 Pengukuran Nilai pH .....	36
3.2.4 Mikrokontroler ATmega16.....	40

3.3 Perancangan <i>Software</i> .....	43
3.3.1 Pembacaan Nilai Berat Jenis .....	46
3.3.2 Pembacaan Nilai pH .....	49
3.3.3 Sistem Kualifikasi <i>Grade</i> Susu .....	50
<b>BAB IV PENGUJIAN ALAT</b> .....	<b>53</b>
4.1 Pengujian Nilai Berat Jenis .....	54
4.2 Pengujian Nilai Volume Susu .....	56
4.3 Pengujian Berat Jenis Susu .....	58
4.3 Pengujian Nilai pH Susu .....	58
4.3 Pengujian <i>Grade</i> Susu .....	62
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>67</b>
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	<b>117</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Model Ternak Sapi Perah di Boyolali .....	1
Gambar 1.2	Grafik SebaranPopulasi Sapi Perah di Atas 400 Ekor Provinsi Jawa Tengah 2013 [13].....	2
Gambar 1.3	Provinsi Dengan Produsen Susu Sapi Tertinggi di Indonesia Lima Tahun Terakhir (Dalam Ton) [14] .....	2
Gambar 1.4	Uji Kualitas Susu Manual .....	3
Gambar 2.1	Pengukuran Nilai Densitas Atau <i>Specific Gravity</i> Zat Cair [4].....	9
Gambar 2.2	Pin-pin ATMEga16 jenis PDIP [6].....	12
Gambar 2.3	Konfigurasi Memori Data AVR ATMEga16 [6].....	13
Gambar 2.4	Prinsip Kerja Load Cell [7].....	14
Gambar 2.5	Konfigurasi Jembatan Wheatstone Pada Load Cell [7].	15
Gambar 2.6	Konfigurasi Pin HX711 [7].....	16
Gambar 2.7	<i>Pin Out</i> HC-SR04 [9].....	17
Gambar 2.8	Timing Diagram HC-SR04 [9] .....	18
Gambar 2.9	Elektroda pH Kombinasi [5] .....	20
Gambar 2.10	Probe pH sensor E-201-C-9 [10].....	21
Gambar 2.11	LCD 16x2 <i>Character</i> [11].....	22
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem .....	23
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Sistem .....	24
Gambar 3.3	Panduan Rancangan Mekanis Timbangan <i>Load Cell</i> [7].....	25
Gambar 3.4	Desain Mekanis <i>Load Cell</i> [8] .....	26
Gambar 3.5	<i>Schematic</i> Sirkuit Modul HX711 [8] .....	27
Gambar 3.6	Konfigurasi Pin HX711 .....	27
Gambar 3.7	Pengukuran Media Kalibrator .....	28
Gambar 3.8	Grafik Kalibrasi Timbangan <i>Load Cell</i> .....	29
Gambar 3.9	Gelas Kimia 500ml .....	30
Gambar 3.10	Cakupan Optimal HC-SR04 [9].....	31
Gambar 3.11	Desain Tiang Sensor HC-SR04 [9].....	31
Gambar 3.12	Konfigurasi Pin Sensor HC-SR04.....	32
Gambar 3.13	Uji Kestabilan HC-SR04 Untuk Jarak Tetap 50 cm.....	33
Gambar 3.14	Pengujian HC-SR04 Untuk Jarak Variatif .....	34
Gambar 3.15	Kalibrasi Ketinggian Terhadap Volume .....	35
Gambar 3.16	Grafik Kalibrasi Volume.....	36
Gambar 3.17	Sensor pH E-201-C .....	37
Gambar 3.18	Konfigurasi Pin Kit Modul E-201-C.....	37



Gambar 3.19	Buffer pH Kalibrasi .....	38
Gambar 3.20	Kalibrasi Sensor pH.....	38
Gambar 3.21	Grafik Nilai ADC Terhadap Nilai pH.....	39
Gambar 3.22	Grafik Nilai Vout Terhadap Nilai pH .....	40
Gambar 3.23	Rangkaian <i>Microcontroller</i> .....	41
Gambar 3.24	Konfigurasi Pin LCD .....	42
Gambar 3.25	Sistem Minimum ATmega16 .....	43
Gambar 3.26	Tampilan Muka Program BASCOM-AVR .....	44
Gambar 4.1	Pengujian Minimum Sistem ATmega16 .....	53
Gambar 4.2	Pengujian Timbangan <i>Load Cell</i> .....	54
Gambar 4.3	Pengujian Sensor Ultrasonik.....	56
Gambar 4.4	Pengujian Berat Jenis Susu.....	58
Gambar 4.5	Pengujian pH Susu.....	59
Gambar 4.6	Proses Uji Kualitas Penampungan Susu “SINGOSARI” ..	61
Gambar 4.7	Kartu Setoran Susu Memuat Jumlah Liter dan <i>Grade</i> Susu.....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Standar Susu Sapi SNI 3141.1: 2011[12] .....	7
Tabel 2.2	Densitas dan <i>Specific Gravity</i> Beberapa Jenis Zat Cair [4] ....	8
Tabel 2.3	Nilai pH Susu dan Beberapa Jenis Minuman [5] .....	11
Tabel 2.4	Deskripsi Pin HX711 [8] .....	17
Tabel 2.5	Spesifikasi HC-SR04 [9] .....	19
Tabel 3.1	Data Kalibrasi Sensor <i>Load Cell</i> .....	29
Tabel 3.2	Hasil Pengujian HC-SR04 Dengan Jarak Tetap .....	33
Tabel 3.3	Kalibrasi Volume .....	35
Tabel 3.4	Kalibrasi Sensor pH .....	39
Tabel 3.5	Nilai Kualitas Susu SNI 01-3141-1998 .....	50
Tabel 3.5	Pembobotan Uji Kualitas Susu .....	51
Tabel 4.1	Pengujian Timbangan <i>Load Cell</i> .....	55
Tabel 4.2	Pengujian Nilai Berat Susu .....	56
Tabel 4.3	Pengujian Sensor HC-SR04 Untuk Pembacaan Volume .....	57
Tabel 4.4	Pengujian Volume Susu .....	57
Tabel 4.5	Hasil Pembacaan Berat Jenis Susu .....	58
Tabel 4.6	Pengujian Sensor pH Menggunakan Empat Buffer .....	59
Tabel 4.7	Hasil Pengujian pH Susu .....	59
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Kualitas Sample Susu .....	60
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kualitas Sample Dengan Volume Tetap .....	60
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Kualitas Penampungan Susu “SINGOSARI” .....	62





# DAFTAR LAMPIRAN

Program Pada Mikrokontroler.....	I
Datasheet ATmega16.....	II
Datasheet Regulator KA7805.....	III
Datasheet Micro Load Cell 5 Kg.....	IV
Datasheet HX711.....	V
Datasheet HC-SR04 .....	VI
Datasheet pH Sensor E-201 C-9.....	VII
Datasheet SNI 3141.1:2011.....	VIII



---Halaman ini sengaja dikosongkan---



---Halaman ini sengaja dikosongkan---



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

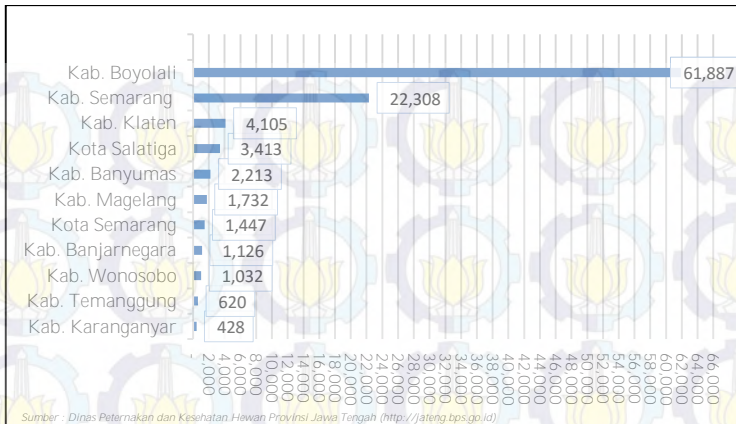
### **1.1 Latar Belakang**

Boyolali yang dikenal sebagai kota susu merupakan sentra susu sapi terbesar di Jawa Tengah. Peternakan sapi perah tersebar di sisi selatan atau sekitar lereng Gunung Merapi dan Merbabu. Antara lain di wilayah kecamatan Cepogo, Selo, Musuk, Mojosongo, Teras dan Ampel.



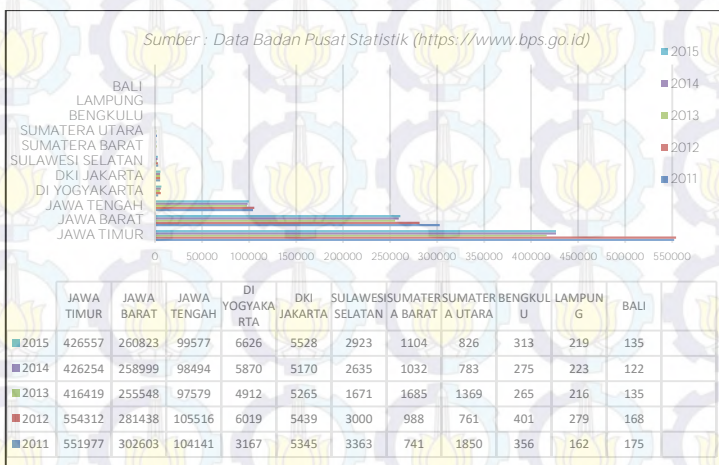
**Gambar 1.1 Model Ternak Sapi Perah di Boyolali**

Mayoritas peternakan sapi di Boyolali adalah peternakan rakyat atau ternak rumahan. Rata – rata setiap keluarga memiliki sapi perah dengan jumlah tidak lebih dari sepuluh ekor. Peternakan sapi perah dijadikan sebagai mata pencaharian pendamping dari usaha pertanian. Pakan hijau atau rerumputan didapat dari hasil olahan lahan pertanian.



**Gambar 1.2** Grafik Sebaran Populasi Sapi Perah di Atas 400 Ekor Provinsi Jawa Tengah 2013 [13]

Data Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Jawa Tengah mencatat sekitar 48% pasokan susu Jawa Tengah berasal dari Boyolali.



**Gambar 1.3** Provinsi Dengan Produsen Susu Sapi Tertinggi di Indonesia Lima Tahun Terakhir (Dalam Ton) [14]

Sebanyak 46,9 juta liter dari total 97,5 juta liter kebutuhan susu pada tahun 2013 dipasok dari Boyolali. Produksi harian rata – rata mencapai 120.000 liter.

Susu sapi dari peternak memerlukan proses pengendalian mutu mulai dari peternak (hulu) hingga sampai industri pengolahan susu. Hal ini dilakukan demi produk olahan yang aman bagi kesehatan serta menjaga kualitas kandungan gizi dari susu. Pengendalian mutu berupa uji kualitas dilakukan sejak susu berada di tangan pertama, yaitu dari peternak ke penampung susu (umumnya dijalankan oleh Koperasi Unit Desa atau swasta). Berikutnya monitoring kualitas di tempat penampungan susu sementara, yaitu pada tangki *Fresh Milk Tank* sebagai penyimpanan susu segar yang didinginkan. Tahap terakhir adalah uji kualitas saat susu masuk ke industri atau pabrik pengolahan.

Pada tingkat hulu, pengendalian mutu berupa uji kualitas oleh Koperasi Unit Desa (KUD) maupun penampung swasta selama ini masih dilakukan secara manual. Yaitu dengan cara uji fisik (*visual* dan rasa) serta berat jenis susu menggunakan *lactodensimeter*.



**Gambar 1.4** Uji Kualitas Susu Manual

Susu kemudian diklasifikasi kedalam tiga standar kualitas yaitu *grade* A, B dan C. *Grade* kualitas inilah yang menentukan harga susu yang dibayarkan pihak penampung susu (KUD atau swasta) kepada peternak. *Grade* A untuk update bulan Mei 2016 sebesar Rp. 4.500,-/liter, *grade* B Rp.



4.350,-/liter sedangkan susu C dihargai Rp 3.500,-/liter. Secara umum susu dengan berat jenis kurang dari 1.05 tidak akan masuk ke dalam grade A. Susu dengan berat jenis lebih dari 1.05 (terpenuhi), sedangkan warnanya tidak putih bersih atau rasanya terlalu asam juga tidak akan masuk dalam grade A. Terkadang tanpa melakukan pengukuran berat jenis atau pemeriksaan visual, susu dapat langsung diklasifikasi. Hal ini tergantung pada personal atau karyawan dari pihak penampung. Proses kualifikasi susu belum menggunakan *standart tools* sebagai ukuran baku dan objektif.

Kualitas susu peternak setiap harinya juga cenderung berubah, sangat tergantung pada asupan nutrisi sapi perah. Terlebih pada model peternakan rumah belum menerapkan formula standar untuk pemenuhan nutrisi pakannya. Sedangkan peternak hampir tidak pernah melakukan monitoring kualitas susu atau pengujian ke laboratorium karena biaya uji yang mahal.

## 1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini adalah merancang sebuah alat yang dapat membantu uji kualitas susu sapi di tingkat hulu, yaitu dari peternak ke penampung susu (KUD maupun swasta). Sehingga terdapat *standart tools* yang baku sebagai penentu kualitas susu, meningkatkan objektifitas penilaian kualitas serta mempercepat proses uji kualitas susu sapi dari peternak.

## 1.3 Permasalahan

Adapun permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana mengukur berat jenis susu sapi secara otomatis.
2. Bagaimana mengukur derajat keasaman atau kadar PH susu sapi.
3. Penentuan klasifikasi susu sapi ke dalam *grade* A, B dan C.
4. Perancangan mekanik yang tepat agar didapatkan akurasi pembacaan sensor.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir, permasalahan di dibatasi dengan asumsi sebagai berikut :

1. Pembacaan berat jenis susu menggunakan perbandingan massa dan volume.
2. Pengambilan *sample* uji (susu) idealnya antara 400 ml s/d 500 ml. Sebelum pengujian dilakukan prosedur pengadukan pada susu agar

komposisi susu merata. Kemudian diletakkan pada gelas kimia untuk mengukur nilai berat jenis dan nilai pH nya.

3. Gelas uji yang digunakan menggunakan gelas kimia berukuran 500 ml, penggunaan jenis dan ukuran gelas uji berkaitan dengan pembacaan level menggunakan sensor SRF.
4. Posisi sensor SRF tepat di atas gelas ukur (*mounting* pada tiang) dengan jarak tetap.
5. Batas maksimal beban yang di ijinakan untuk pengujian yaitu 5 kg sesuai dengan spesifikasi standar beban maksimum dari *load cell*.
6. Pengukuran pH dengan cara mencelupkan sensor pH ke dalam susu yang telah diletakkan pada gelas kimia 500 ml.
7. Setiap melakukan pengujian, terlebih dahulu harus dilakukan pencucian pada gelas kimia dan sensor pH untuk menetralkan sisa – sisa bahan uji kemudian melakukan *zero adjustment* timbangan *load cell* dengan menekan tombol tera.
8. Nilai pembacaan yang ditampilkan pada LCD terdiri dari nilai berat jenis, PH dan *grade* kualitas susu.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

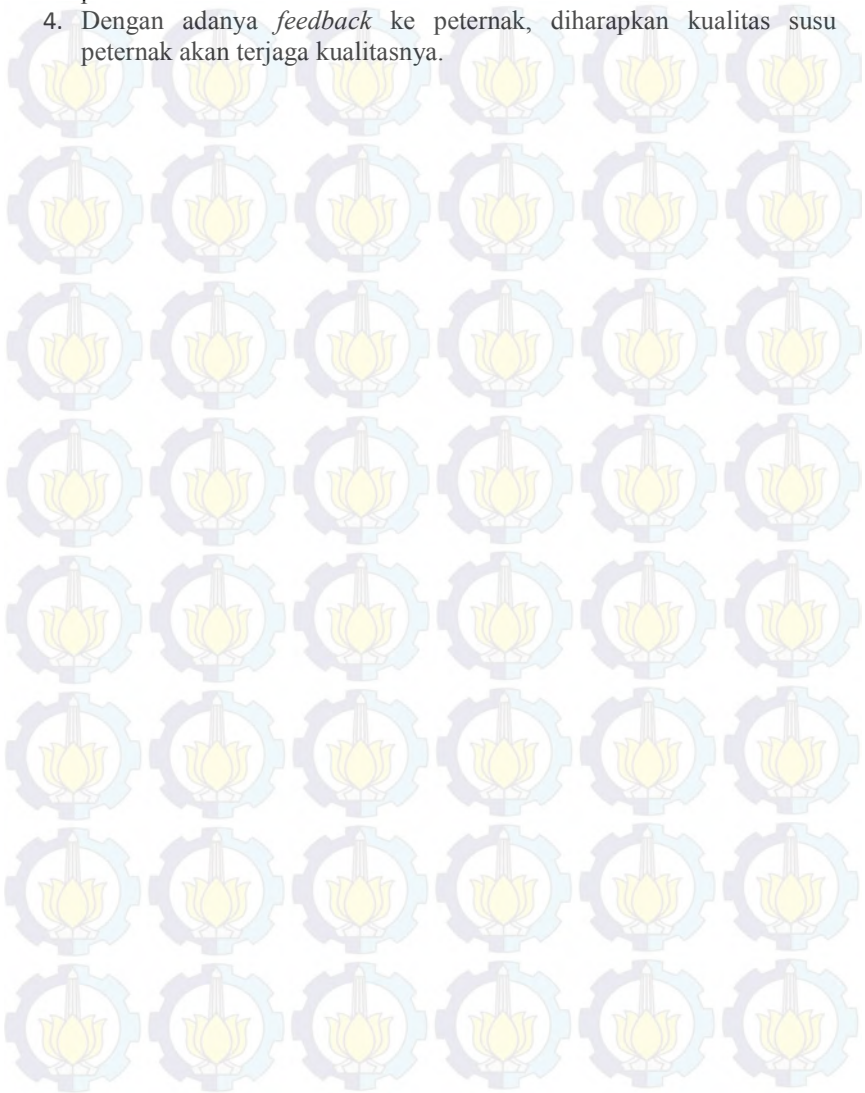
- Bab I Pendahuluan latar belakang, tujuan, permasalahan, batasan masalah, sistematika penulisan, dan relevansi.
- Bab II Teori penunjang dan literatur yang berguna bagi pembuatan tugas akhir.
- Bab III Perancangan alat terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.
- Bab IV Hasil pengujian sistem, terdiri dari pengujian berat jenis, pengujian nilai pH dan pengujian *grade* susu.
- Bab V Penutup berisi tentang kesimpulan yang diperoleh pada pembuatan tugas akhir ini, serta masukan dan saran guna pengembangan lebih lanjut.

### **1.6 Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat untuk:

1. Mempermudah penelitian di bidang aplikasi biosensor terutama pada kasus kualifikasi susu sapi.
2. Meningkatkan objektivitas penilaian kualitas susu sapi dari peternak.

3. Membantu mempercepat proses pengujian dan kualifikasi susu peternak.
4. Dengan adanya *feedback* ke peternak, diharapkan kualitas susu peternak akan terjaga kualitasnya.





## BAB II TEORI PENUNJANG

### 2.1 Persyaratan Mutu Susu Sapi

Pengendalian mutu susu sapi mencakup dua hal, yaitu pemeriksaan keadaan susu dan pemeriksaan susunan susu. Pemeriksaan keadaan susu meliputi pemeriksaan warna, bau, rasa, kebersihan, uji alkohol, derajat asam, titik didih, *reduktase* dan *katalase*. Sedangkan pemeriksaan susunan susu meliputi berat jenis, kadar lemak dan berat kering tanpa lemak. Beberapa pengujian seperti titik didih, kadar lemak, *reduktase* dan *katalase* membutuhkan zat kima tertentu sebagai reaktan. Pada umumnya dilakukan di laboratorium uji. Sedangkan pengujian lain seperti pemeriksaan fisik dan pengukuran berat jenis susu sebagai pemeriksaan awal yang dapat dilakukan secara langsung. Pemeriksaan ini banyak dilaksanakan pada tataran hulu, yaitu antara peternak ke penampung susu.

**Tabel 2.1** Kriteria Standar Susu Sapi SNI 3141.1:2011 [12]

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
a.	Berat Jenis (pada suhu 27,5 °C) minimum	g/ml	1,0270
b.	Kadar lemak minimum	%	3,0
c.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
d.	Kadar protein minimum	%	2,8
e.	Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
f.	Derajat asam	°SH	6,0 – 7,5
g.	pH	-	6,3 – 6,8
h.	Uji alkohol (70 %) v/v	-	Negatif
i.	Cemaran mikroba, maksimum: 1. <i>Total Plate Count</i> 2. <i>Staphylococcus aureus</i> 3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/ml CFU/ml CFU/ml	$1 \times 10^6$ $1 \times 10^2$ $1 \times 10^3$
j.	Jumlah sel somatis maksimum	sel/ml	$4 \times 10^5$
k.	Residu antibiotika (Golongan penisilin, Tetrasiklin, Aminoglikosida, Makrolida)	-	Negatif
l.	Uji pemalsuan	-	Negatif
m.	Titik beku	°C	-0,520 s.d - 0,560
n.	Uji peroxidase	-	Positif
o.	Cemaran logam berat, maksimum: 1. Timbal (Pb) 2. Merkuri (Hg) 3. Arsen (As)	µg/ml µg/ml µg/ml	0,02 0,03 0,1



Kualitas fisik dan kimia susu sapi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu bangsa sapi perah, pakan, sistem pemberian pakan, frekuensi pemerahan, metode pemerahan, perubahan musim dan periode laktasi (Lingathurai, *et al.*2009). Badan Standarisasi Nasional menetapkan standar untuk susu sapi segar yang digunakan sebagai bahan baku pengolahan lanjut. Hal tersebut dituangkan dalam SNI 3141.1:2011 yang mencakup standar persyaratan mutu, pengambilan contoh, pengujian, pengemasan, dan pelabelan susu sapi segar. Berkaitan dengan persyaratan mutu, selengkapnya dapat diamati pada Tabel 2.1.

### 2.1.1 Berat Jenis Susu

Densitas (massa jenis)  $\rho$  material didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Satuan densitas adalah pounds (slug) per kaki kubik [ $\text{lb}(\text{slug})/\text{ft}^3$ ] atau kilogram per meter kubik ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) (1 kaki = 0.3048 meter. 1 pound massa = 1 lbm = 0.45359237 kg. 1 slug = 1 lb sekon<sup>2</sup>/kaki) (Dunn, 2005).

*Specific weight*  $\gamma$  didefinisikan sebagai berat per satuan volume dari material, yaitu pounds per kaki kubik ( $\text{lb}/\text{ft}^3$ ) atau newton per meter kubik ( $\text{N}/\text{m}^3$ ). Sedangkan *specific gravity* (SG) dari suatu cairan atau padatan didefinisikan sebagai densitas material dibagi dengan densitas air atau *specific weight* material dibagi dengan *specific weight* air pada suhu yang ditetapkan. Hubungan antara densitas dan *specific weight* yaitu (Dunn, 2005):  $\gamma = \rho g$  (1), dimana  $g$  adalah percepatan gravitasi 32.2  $\text{ft}/\text{s}^2$  atau 9.8  $\text{m}/\text{s}^2$ .

Daftar densitas dan *specific weight* dari beberapa jenis zat cair dapat diamati pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Densitas dan *Specific Gravity* Beberapa Jenis Zat Cair [4]

Material	Specific weight		Density		Specific gravity
	$\text{lb}/\text{ft}^3$	$\text{kN}/\text{m}^3$	$\text{slug}/\text{ft}^3$	$\times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$	
Acetone	49.4	7.74	1.53	0.79	0.79
Ammonia	40.9	6.42	1.27	0.655	0.655
Benzene	56.1	8.82	1.75	0.9	0.9
Gasoline	46.82	7.35	3.4	0.75	0.75
Glycerin	78.6	12.4	2.44	1.26	1.26
Mercury	847	133	26.29	13.55	13.55
Water	62.43	9.8	1.94	1.0	1.0

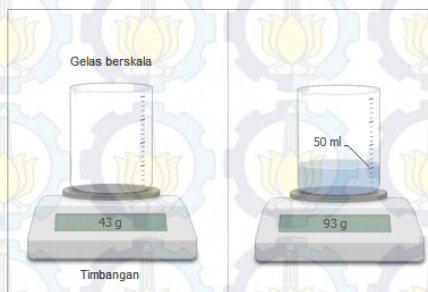
Berat jenis susu mengindikasikan kandungan yang terlarut didalam susu. Semakin banyak senyawa yang terdapat dalam susu maka berat jenis susu akan meningkat. Berat jenis susu dipengaruhi oleh pakan. Bahan kering yang meningkat maka berat jenis dan viskositas juga akan meningkat, Abubakar (2000). Bahan kering terdiri dari butiran-butiran lemak (globula), laktosa, protein dan garam. Kandungan tertinggi terdapat pada protein diikuti oleh lemak, laktosa dan mineral.

Peralatan ukur berat jenis umumnya menggunakan hidrometer. Salah satu jenis hidrometer yang digunakan untuk mengukur berat jenis susu adalah *lactodensimeter*. Alat ini terdiri dari tabung gelas berskala, dengan suatu pemberat di salah satu ujungnya, sehingga alat akan terapung ke atas. Alat tersebut tenggelam dalam *liquid* hingga titik kesetimbangan antara berat dan daya apungnya dapat dicapai. *Specific Gravity* atau densitas kemudian dapat dibaca secara langsung dari skala pada tabung (Dunn, 2005).

Selain metode langsung menggunakan *lactodensimeter*, berat jenis susu juga dapat diketahui melalui formula:

$$\rho = m/V$$

Pengukuran *specific gravity* suatu bahan didefinisikan sebagai massa per satuan volume.



**Gambar 2.1** Pengukuran Nilai Densitas Atau *Specific Gravity* Zat Cair [4]

Dengan melakukan pengukuran massa dan volume susu, maka akan didapatkan nilai densitas atau *specific gravity*-nya melalui formula di atas.

### 2.1.2 Nilai pH Susu

PH adalah satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Dibentuk dari informasi kuantitatif dengan indikator berupa tingkat keasaman atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion Hidrogen. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14. Jika konsentrasi  $[H^+]$  lebih besar daripada  $[OH^-]$ , maka material tersebut bersifat asam, dimana nilai pH kurang dari 7. Jika konsentrasi  $[OH^-]$  lebih besar daripada  $[H^+]$ , maka material tersebut bersifat basa atau nilai pH lebih dari 7. Istilah pH berasal dari “p” lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H” lambang kimia untuk unsur Hidrogen.

Definisi formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen. Dinyatakan dengan persamaan:

$$pH = -\log [H^+]$$

Pengukuran pH secara sederhana menggunakan kertas indikator pH. Yaitu dengan mengamati perubahan warna pada level yang bervariasi. Indikator warna mempunyai keterbatasan pada tingkat akurasi pengukuran dan memungkinkan timbul kesalahan pembacaan warna, jika larutan sampel keruh atau berwarna. Untuk mendapatkan akurasi pengukuran nilai pH yang lebih baik, dapat dilakukan dengan menggunakan titrasi asam – basa. Nilai derajat keasaman didapat dari hasil kali volume NaOH yang dibutuhkan untuk mentitrasi susu sampai berwarna *pink* dengan faktor koreksi sebesar sepuluh atau 0.1.

Pembentukan asam dalam susu disebabkan karena aktivitas bakteri yang memecah laktosa membentuk asam laktat. Persentase asam dalam susu dapat digunakan sebagai indikator umur dan penanganan susu (Soewedo, 1982). Standar yang ditetapkan oleh SNI, pH susu sapi segar berkisar antara 6,3-6,8. Rystad dan Abrahamsen (1987), menjelaskan bahwa penurunan nilai pH (nilai pH kurang dari 6) dapat disebabkan karena kolostrum atau aktivitas bakteri pembusuk. Menurut Wendt *et al.* (1998), Nilai pH susu yang meningkat akan menyebabkan viskositas susu juga meningkat sebagai akibat pecahnya butiran kasein. Fauzan (2011) menambahkan, seiring dengan lamanya penyimpanan pH yang dicapai semakin menurun karena adanya aktivitas bakteri. Proses keasaman susu juga dapat disebabkan oleh berbagai senyawa yang bersifat asam seperti senyawa-senyawa fosfat yang kompleks, asam sitrat, asam-asam amino dan karbon dioksida yang larut dalam susu.

Perbandingan nilai pH susu dengan beberapa jenis minuman dapat dilihat pada tabel 2.3.



**Tabel 2.3** Nilai pH Susu dan Beberapa Jenis Minuman [5]

MINUMAN	pH
SUSU	6,5 - 6,7
AIR DESTILASI	5,8
BIR	4,0 - 5,0
KOPI	2,5 - 3,5
JUS JERUK	3,5
SOFT DRINK	2,0 - 4,0
COLA	2,5
MINUMAN ANGGUR	2,3 - 3,8
JUS LEMON	2,4
SARI BUAH APEL	3,35 - 4

## 2.2 Mikrokontroler AVR ATmega16

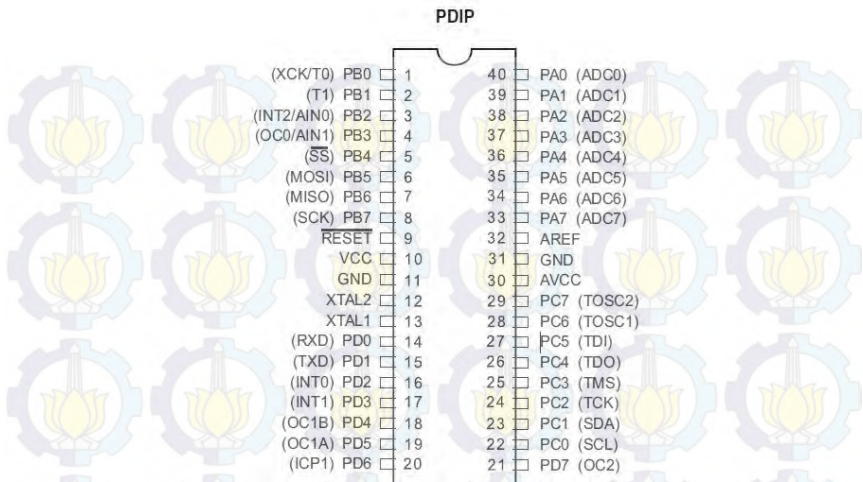
Kontroller Atmega16 merupakan mikrokontroler 8-bit AVR yang memiliki kapasitas memori maksimum sebesar 8 Kilobytes. Tersimpan didalam *System Programmable Flash*-nya. Atmega 16 merupakan chip IC produksi ATMEL golongan *single chip microcontroller*, dimana semua rangkaian termasuk memori dan I/O tergabung dalam satu *pack* IC.

Dalam pemrogramannya controller ini dapat dijalankan menggunakan 2 bahasa yaitu bahasa *assembly* atau bahasa C. Sehingga pengguna atau *user* dapat mengoptimalkan kinerja sistem yang dibuat secara fleksibel.

### 2.2.1 Konfigurasi Pin

IC Atmega 16 mempunyai 2 jenis varian, yaitu PDIP (berbentuk balok) dan jenis TQFP/MLF (berbentuk persegi). Keduanya memiliki fasilitas yang sama. Perbedaannya hanya terletak pada bentuk dan peletakan pin ICnya.





**Gambar 2.2** Pin-pin ATMega16 jenis PDIP [6]

ATMega 16 mempunyai 40 kaki atau pin IC dengan fungsi dari masing – masing pin sebagai berikut:

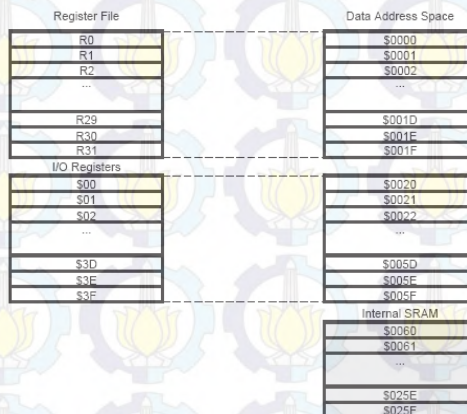
- VCC sebagai input positif dari *microcontroller*. Menggunakan catu daya sebesar 5 Volt. Dapat menggunakan IC regulator 7805 untuk menjaga tegangan *supply* stabil di 5 Volt
- GND sebagai pin yang terhubung ke ground
- PORT A (PA0 hingga PA7) memiliki fungsi khusus untuk masukan ADC (*Analog to Digital Converter*) berjumlah 8 chanel 10 bit. Selain itu dapat difungsikan sebagai port I/O 8 bit dua arah (*bi-directional*) saat fasilitas ADC tidak digunakan. Guana keperluan mode ini, port A telah dilengkapi dengan *internal pull-up* resistor. Ketika PA0 hingga PA7 digunakan sebagai masukan maka port akan menjadi sumber arus jika *internal pull-up* telah diaktifkan.
- PORT B (PB0 hingga PB7) memiliki fungsi khusus untuk timer, komparator analog, dan SPI.
- PORT C (PC0 hingga PC7) memiliki fungsi khusus sebagai komparator analog dan timer *oscilator*.
- PORD D (PD0 hingga PD7) memiliki fungsi khusus sebagai komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
- XTAL 1 dan XTAL 2 untuk *eksternal clock* atau sumber detak dari luar.
- Reset untuk mengembalikan eksekusi program dari alamat pointer awal.

## 2.2.2 Spesifikasi ATMega16

Untuk menjaga agar sistem dapat memiliki kinerja yang optimum, maka perlu diperhatikan beberapa faktor yang menjadi karakteristik dari ATMega16, yaitu :

- Tegangan masukan ke RESET : -0,5V sampai +0,5V
- Temperatur pengoperasian : -55<sup>0</sup>C sampai 125<sup>0</sup>C
- Tegangan input maksimum : 6,0 Volt
- Arus DC input tiap pin I/O : 40,0 mA

AVR ATMega16 memiliki ruang pengalaman memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 *byte* SRAM *Internal*. Register keperluan umum menempati ruang data pada alamat terbawah, \$00 sampai dengan \$1f. Sementara register khusus untuk menangani I/O dan kendali terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, mulai dari \$20 hingga \$5f. Register tersebut merupakan register khusus untuk mengatur fungsi terhadap berbagai *peripheral* mikrokontroler, semisal *control register*, *timer/conter*, fungsi–fungsi I/O, dan sebagainya. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 *byte*, menempati alamat \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan pada Gambar 2.3.



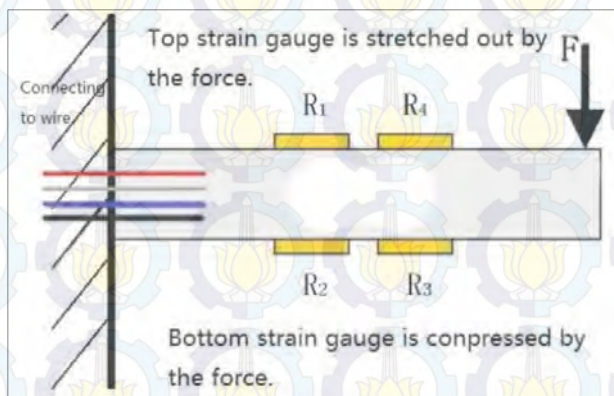
**Gambar 2.3** Konfigurasi Memori Data AVR ATMega16 [6]

Memori pemrograman yang terletak dalam *Flash PEROM* tersusun dalam word atau 2 *byte*, karena setiap intruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-

bit. AVR ATmega16 memiliki 4Kbyte x 16 bit *Flash PEROM* dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF dengan fasilitas 12-bit *Program Counter (PC)* sehingga mampu untuk mengalami isi *Flash*. Sedangkan memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 *byte*, yang terletak di alamat \$000 sampai \$1FF.

### 2.3 Load Cell 5 Kg

*Load Cell* merupakan sebuah transduser elektronik yang dapat mengubah besaran fisik menjadi sinyal elektrik. Prinsip kerja *load cell* adalah mengubah gaya tekan beban menjadi nilai perubahan resistansi ( $R$ ). Konversi terjadi secara tidak langsung melalui pengaturan mekanis, gaya tekan dideteksi berdasarkan deformasi dari matriks pengukur regangan (*strain gauges*) dalam bentuk resistor planar. Regangan ini mengubah hambatan efektif (*effective resistance*) empat pengukur regangan yang disusun dalam konfigurasi jembatan Wheatstone (*Wheatstone bridge*). Perubahan resistansi selanjutnya akan menghasilkan nilai perubahan tegangan.

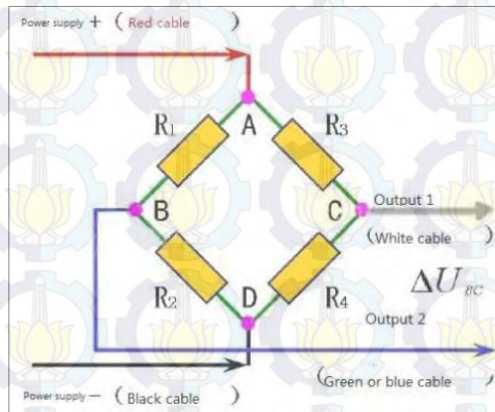


**Gambar 2.4** Prinsip Kerja Load Cell [7]

Ketika salah satu sisi dikenakan gaya tekan seperti pada Gambar 2.4. Dua buah *strain gauge* yang terpasang berkebalikan akan memberikan respon pada perubahan panjang kolom secara proporsional. Dua *strain gauge* yang terletak di sisi *bottom* merespon perubahan kolom saat mengalami keadaan “menggembung”. Panjang pada sepasang *strain gauge* sisi *top*



memendek, diameter kawat membesar dan hambatan akan berkurang. Sementara sepasang *strain gauge* di sisi *bottom* akan memanjang, diameter kawat mengecil dan hambatan bertambah. Jika posisi beban digantung pada bagian bawah kolom, maka kolom akan mengalami gaya tarik. Kolom dan *strain gauge* akan menghasilkan respon yang berkebalikan dengan respon ketika beban berada di atas, tetapi perubahan panjang pendek *strain gauge* akan tetap sama. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya dapat dikonversikan menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran. Perubahan nilai berat dari objek yang diukur sebanding dengan perubahan nilai tegangan yang terukur.



**Gambar 2.5** Konfigurasi Jembatan Wheatstone Pada Load Cell [7]

Spesifikasi teknis Load Cell sbb :

- Beban maksimum: 5000 gram (5 Kg)
- Rentang tegangan keluaran: 0,1 mV ~ 1,0 mV / V (skala 1:1000 terhadap tegangan masukan, *error margin* ≤ 1,5%)
- Impedansi masukan (*input impedance*): 1066 &ohm; ± 20%
- Impedansi keluaran (*output impedance*): 1000 &ohm; ± 10%
- Tegangan masukan maksimum: 10V DC
- *Operating current* : <10 mA
- Rentang suhu operasional: -20 ~ +65°C
- Material: *Aluminium Alloy*
- Dimensi : (60 x 12,8 x 12,8) mm, berat: 23 gram



### 2.3.1 HX711

HX711 24-Bit *Analog to Digital Converter (ADC) for Weigh Scales* adalah sebuah komponen terintegrasi dari perusahaan "AVIA SEMICONDUCTOR". HX711 di desain untuk sensor timbangan digital yang terkoneksi dengan sensor jembatan (*bridge sensor*). Prinsip kerja HX711 adalah mengkonversi nilai perubahan resistansi yang terukur ke dalam besaran tegangan. Modul ini dilengkapi dengan port komunikasi ke komputer atau mikrokontroler melalui TTL232.

HX711 memiliki tiga nilai penguatan, yaitu gain 32, 64 dan 128 yang dapat diatur melalui pemilihan pin output dan setting mode pada program. Untuk beban maksimum 5 kg, dengan menggunakan modul HX711 *Load cell* mampu untuk mengukur beban dalam resolusi 5 Kg /  $2^{24}$ . Setara dengan ketepatan 298  $\mu$ g (0,298 mg atau 0,000298 gr). Namun akurasi ini sangat bergantung pada rancang bangun mekanisnya. Konfigurasi dan deskripsi pin dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Regulator Power	VSUP	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	BASE	2	15	RATE	Output Data Rate Control Input
Analog Power	AVDD	3	14	XI	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	13	XO	Crystal I/O
Analog Ground	AGND	5	12	DOUT	Serial Data Output
Reference Bypass	VBG	6	11	PD_SCK	Power Down and Serial Clock Input
Ch. A Negative Input	INNA	7	10	INPB	Ch. B Positive Input
Ch. A Positive Input	INPA	8	9	INNB	Ch. B Negative Input

**Gambar 2.6** Konfigurasi Pin HX711 [8]

Fitur dari HX711 sbb :

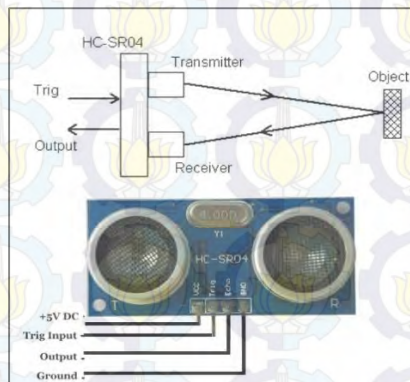
- *Differential input voltage*:  $\pm 40\text{mV}$  (*Full-scale differential input voltage*  $\pm 40\text{mV}$ )
- Akurasi Data : 24 bit (24 bit A/D converter chip)
- *Refresh frequency* : 80 Hz
- *Operating Voltage* : 5V DC
- Operating current : <10 mA
- Size : (38 x 21 x 10) mm

**Tabel 2.4** Deskripsi Pin HX711 [8]

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output ( NC when not used )
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input ( connect to AGND when not used )
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

## 2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik sebagai pengukur jarak, terdiri dari *transmitter* ultrasonik, *receiver* dan sirkuit elektrik. dengan range 2 s/d 400 cm. Tingkat akurasi HC-SR04 mencapai 3mm.



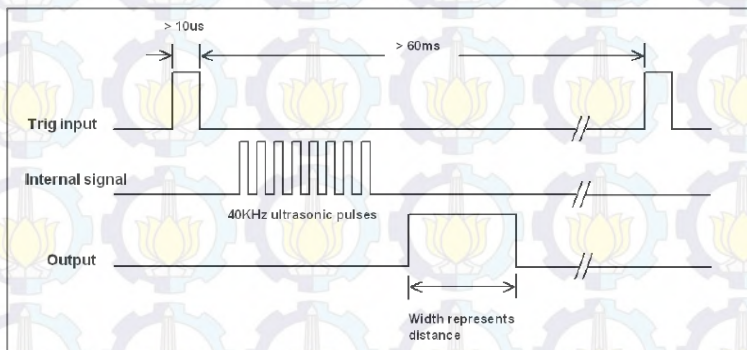
**Gambar 2.7** Pin Out HC-SR04 [9]

Cara kerja sensor HC-SR04 adalah memancarkan gelombang ultrasonik 40 KHz sesaat dan menghasilkan pulsa output sesuai dengan waktu pantul

sinyal ultrasonik kembali menuju sensor. Jarak antara unit dan objek pemantul gelombang didapatkan dari hasil penghitungan waktu perjalanan gelombang. Cara lainnya yaitu dengan mengukur lebar pulsa TTL pada pin output. Secara matematis, nilai jarak pembacaan dapat diketahui melalui persamaan :

$$\text{Distance} = \frac{\text{Pulse Width} * \text{Sound Speed}}{2}$$

Ketika pulsa *trigger* diberikan pada sensor, *transmitter* akan mulai memancarkan gelombang ultrasonik. Pada saat yang sama sensor menghasilkan output TTL transisi *high* sebagai penanda sensor mulai menghitung waktu pengukuran. Setelah *receiver* menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan penanda berupa output TTL transisi *low*. *Pulse width* mengindikasikan waktu pengukuran (dalam sekon) dengan *sound speed* sebesar 340 m/s. Objek benda dapat berupa material padat maupun cair. Berikut *timing* diagram dari pulsa masukan dan keluaran sensor HC-SR04.



**Gambar 2.8** Timming Diagram HC-SR04 [9]

Dari data *timing* diagram di atas, sensor akan memberikan informasi jarak pembacaan berupa pulsa PWM pada pin output. Sensor aktif melalui pulsa trigger. Dengan ketentuan lebar pulsa trigger harus lebih besar dari 10µs dan interval trigger sinyal lebih besar dari 60 ms.



**Tabel 2.5** Spesifikasi HC-SR04 [9]

Parameters	Specification
Operating Voltage	+5V DC
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Maximum Distance	400cm
Minimum Distance	2cm
Detect Angle	15 degree
Resolution	0.3cm
Input Trig Signal	>10us TTL pulse
Output Signal	TTL pulse with width representing distance
Weight	
Dimension	45 x 20 x 15 mm

## 2.5 Sensor pH

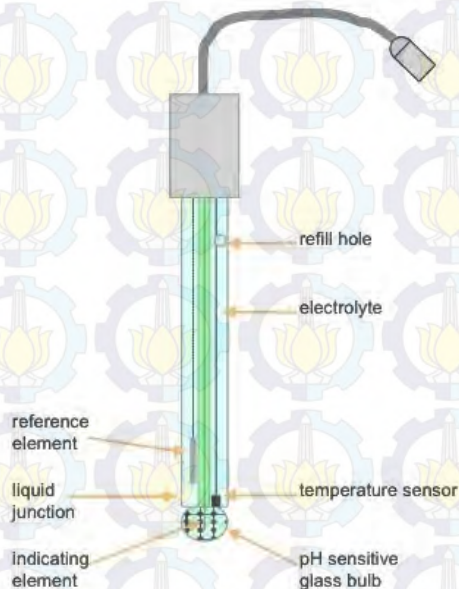
Sebuah sistem pH meter tersusun dari dua buah komponen penting berupa elektroda kaca dan elektroda referensi. Elektroda kaca berfungsi sebagai salah satu kutub di antara dua elektroda pH meter yang tercelup ke dalam larutan. Elektroda ini tersusun atas ujung *bulb* bulat dari bahan kaca yang terpasang ke sebuah silinder panjang berbahan kaca atau bahan isolator lain. Di dalam *bulb* dan silinder berisi cairan HCl yang memiliki nilai pH konstan = 7. HCl merendam sebuah kawat elektroda kecil dengan bahan perak (Ag), hal ini akan mengakibatkan permukaan *bulb* elektroda kaca terbentuk senyawa stabil AgCl. *Bulb* merupakan tempat terjadinya pertukaran ion positif ( $H^+$ ). Pertukaran ion yang terjadi menyebabkan adanya perbedaan beda potensial diantara dua elektroda, sehingga pembacaan potensiometer akan menghasilkan positif atau negatif. Jika larutan bersifat netral, maka tidak akan ada nilai beda potensial di antara kedua kutub atau nilai beda potensialnya nol ( $pH=7$ ). Sedangkan jika larutan bersifat asam, maka potensial elektroda kaca menjadi lebih positif daripada elektroda referensi. Pada kondisi ini, potensiometer menunjukkan nilai negatif yang akan diartikan oleh sistem sebagai pH kurang dari 7. Sedangkan untuk larutan yang bersifat basa, elektroda kaca akan memiliki potensial yang lebih rendah daripada elektroda referensi. Pada kondisi ini pembacaan pH menjadi lebih besar daripada angka 7.

Elektroda referensi berfungsi sebagai kutub lain selain elektroda kaca. Elektroda ini didesain dengan setting nilai potensial yang tetap pada kondisi larutan apapun. Sehingga arah aliran listrik yang terjadi hanya tergantung



pada nilai potensial elektroda kaca. Seperti halnya elektroda kaca, di dalam elektroda referensi juga menggunakan larutan HCl (elektrolit) yang merendam elektroda Ag/AgCl. Pada ujung elektroda referensi terdapat *liquid junction* berupa bahan keramik sebagai tempat pertukaran ion antara elektrolit dengan larutan terukur, pertukaran ion ini dibutuhkan untuk menciptakan aliran listrik sehingga pengukuran potensiometer (pH meter) dapat dilakukan. Pertukaran ion pada *liquid junction* tidak akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia. Sehingga pH elektrolit di dalam elektroda referensi akan selalu konstan, begitu juga dengan nilai potensial elektroda.

Dua buah sensor pH meter yang terendam di dalam larutan berupa elektroda kaca dan elektroda referensi dapat digabungkan menjadi satu kesatuan komponen berbentuk *probe*. Sehingga akan didapatkan bentuk sensor pH meter yang lebih praktis dan stabil.



**Gambar 2.9** Elektroda pH Kombinasi [5]

### 2.5.1 E-201-C-9

Karakteristik jenis sensor pH ini mempunyai range pH 0.00 – 14.00 (T :5°C - 60°C), resolusi 0.01 pH, akurasi (@20°C/68°F)  $\pm 0.02$  pH. Komponen ini mengeluarkan output analog berupa tegangan dengan *range output* pada orde milivolt (mV). Tipe liquid junction menggunakan bahan isolator berupa fiber, *internal reference type* menggunakan Ag/AgCl, dengan dimensi probe sebesar  $\phi 12 \times 160$  mm.



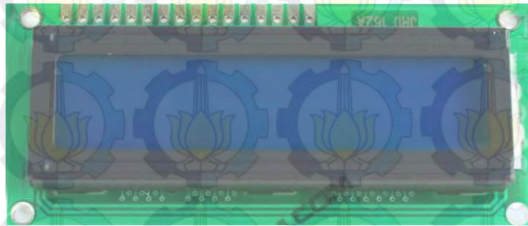
**Gambar 2.10** Probe pH sensor E-201-C-9 [10]

## 2.6 LCD

*Display* LCD merupakan sebuah *liquid crystal* atau perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan karakter, angka atau teks. Dalam menampilkan numerik, kristal dibentuk menjadi bar sedangkan untuk *alfanumerik* kristal diatur kedalam pola titik. Setiap kristal memiliki sambungan listrik individu agar dapat dikontrol secara independen. Ketika kristal *off* (tidak ada arus yang melalui kristal) cahaya kristal terlihat sama dengan bahan latar belakangnya, sehingga kristal tidak dapat terlihat. Ketika arus dilewatkan, kristal akan berubah bentuk dan menyerap lebih banyak cahaya. Hal ini mengakibatkan kristal terlihat lebih gelap dari penglihatan mata manusia sehingga bentuk titik atau bar tampak jelas perbedaannya dengan latar belakang kristal.

LMB162A adalah modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris. Setiap karakter dibentuk oleh 8 baris *pixel* dan 5 kolom *pixel* (1 baris terakhir adalah kursor). Memori LCD terdiri dari 9.920 bit CGROM,

64 byte CGRAM dan 80x8 bit DDRAM yang diatur pengalamatannya oleh *Address Counter* dan untuk keperluan akses data (pembacaan dan penulisan data) dilakukan melalui register data. Register LMB162A terdiri dari data dan perintah. Proses akses data menuju atau dari register data menuju ke CGRAM, DDRAM atau CGROM, tergantung pada kondisi *Address Counter*. Sedangkan proses akses data menuju atau dari register perintah akan menuju *Instruction Decoder* (dekoder instruksi), dimana hal tersebut sebagai penentu perintah-perintah yang akan dilakukan oleh LCD.



**Gambar 2.11** LCD 16x2 Character [11]

Karakteristik LED *display 16x2 character* sbb:

- 16 karakter x 2 baris
- 5x7 titik Matrix karakter + kursor
- HD 44780 *equivalent* LCD *kontroller/driver built-in*
- 4-bit atau 8-bit MPU Interface
- Tipe standar
- *Compatible* hampir pada semua Mikrokontroler.

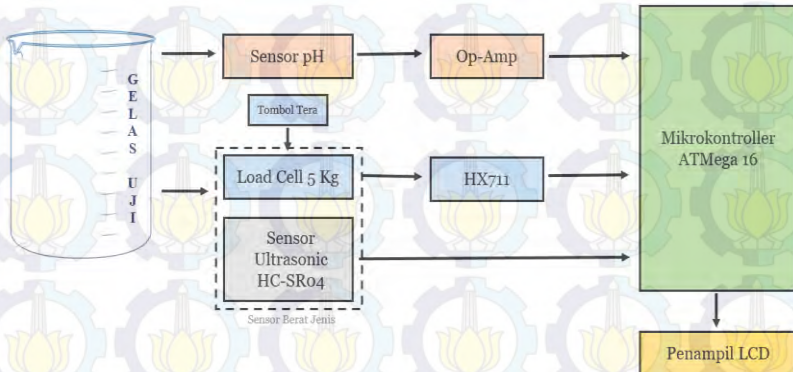


## BAB III RANCANG BANGUN ALAT

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan Alat. Meliputi perancangan sistem pada perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*) beserta proses proses di dalamnya.

### 3.1 Perancangan Sistem

Kualifikator susu yang dirancang dalam sistem ini terdiri dari blok komponen utama berupa gelas uji, sensor, penguat dan data akusisi. Gelas uji menggunakan gelas kimia 500 ml untuk mengukur nilai berat jenis dan pH susu. Sensor yang digunakan sebanyak tiga buah, terdiri dari satu buah sensor pengukur pH dan kombinasi sensor *load cell* dengan ultrasonik sebagai pengukur berat jenis. Modul penguat sinyal diperlukan pada keluaran sensor pH dan *load cell*. Data akusisi dari sensor diproses dan diolah mikroprosesor untuk selanjutnya ditampilkan pada LCD. Data –data yang ditampilkan berupa nilai parameter pH, nilai berat jenis dan *grade* kualitas susu. Secara sederhana dapat diamat pada diagram blok Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Blok Sistem

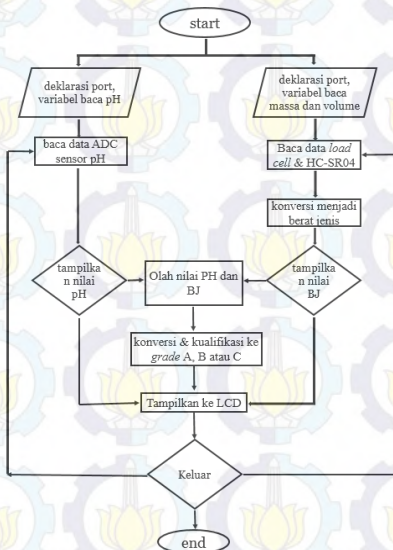
Desain mekanikal *load cell* dibuat sedemikian rupa sehingga dapat difungsikan sebagai timbangan yang mempunyai ketelitian s/d 0.1 gram. Karena keluaran *load cell* merupakan sinyal analog dengan orde milivolt, maka dibutuhkan sebuah rangkaian yang mampu menguatkan sinyal keluaran *load cell* secara presisi, dalam sistem ini menggunakan modul

HX711. Sedangkan sensor *ultrasonic* HC-SR04 akan membaca ketinggian atau level dari susu pada gelas kimia. Keluaran HC-SR04 berupa sinyal digital yang dapat langsung dibaca dan diolah oleh mikrokontroler.

Nilai berat jenis (BJ) yang ditampilkan pada LCD diketahui dari hasil perbandingan data berat *load cell* dan volume oleh sensor HC-SR04. Sedangkan output dari sensor pH melalui modul rangkaian penguat dan *signal conditioning* diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan nilainya pada LCD. Selain data nilai BJ dan pH, LCD juga menampilkan data kualifikasi susu hasil pembobotan kedua parameter di atas (BJ dan pH) oleh mikrokontroler. Data tersebut berupa hasil kualifikasi diantara tiga jenis nilai *grade* kualitas, yaitu A, B atau C.

### 3.1.1 Flowchart Software

Bagian ini menjelaskan mengenai flowchart atau diagram alir dari program yang diaplikasikan pada mikrokontroler. Menunjukkan metode atau *step* yang dijalankan program dalam mengeksekusi perintah secara benar. Flowchart juga menggambarkan apa yang akan dilakukan oleh sistem untuk suatu kondisi yang terpenuhi maupun tidak.



**Gambar 3.2** Flowchart Sistem

Pada saat sistem mulai dijalankan (*start*). Masing – masing sensor membaca parameter berupa pH, berat dan level susu. Sensor pH melakukan pembacaan pada susu yang diletakkan dalam gelas kimia 500ml. Data ADC sensor pH dibaca oleh mikrokontroler, kemudian ditampilkan langsung dalam range 0-14 pada LCD. Sedangkan parameter berat hasil pembacaan sensor *load cell* dan volume susu akan diolah serta dikonversi menjadi nilai berat jenis yang hasilnya ditampilkan pada LCD.

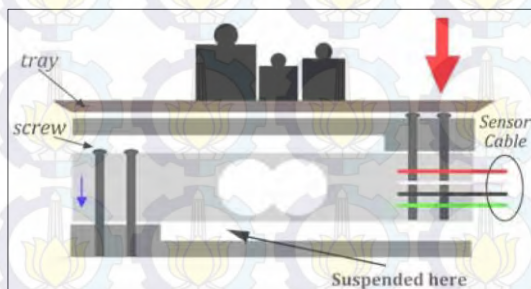
Selanjutnya sistem akan melakukan proses kualifikasi dari parameter berat jenis (BJ) dan pH hasil pembacaan sensor. Kedua parameter sebagai nilai dasar pembobotan dalam kualifikasi *grade* susu ke dalam kualitas A, B dan C.

### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada sistem ini meliputi timbangan berat *load cell*, pengukuran volume, sensor pH, *minimum system* ATmega16, dan rancang bangun sistem.

#### 3.2.1 Timbangan Berat *Load Cell* 5kg

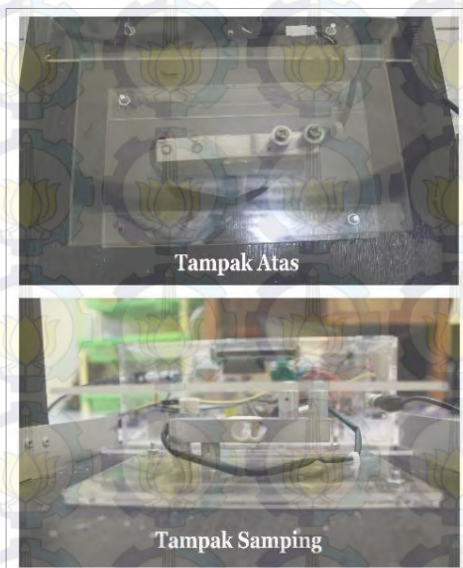
Timbangan pada sistem ini berfungsi sebagai pengukur berat susu, parameter berat sebagai salah satu nilai *variable* penghitungan berat jenis. Ada beberapa tahapan dalam perancangan timbangan *load cell*, yaitu desain mekanik timbangan, koneksi ke mikrokontroller, *zero adjustment* dan kalibrasi sensor. Merujuk pada referensi data pada manual book dan *datasheet load cell* mengenai bentuk, penempatan *screw mounting* dan *spacer*, rancangan mekanik dari timbangan *load cell* secara detail ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3.3** Panduan Rancangan Mekanis Timbangan *Load Cell* [7]



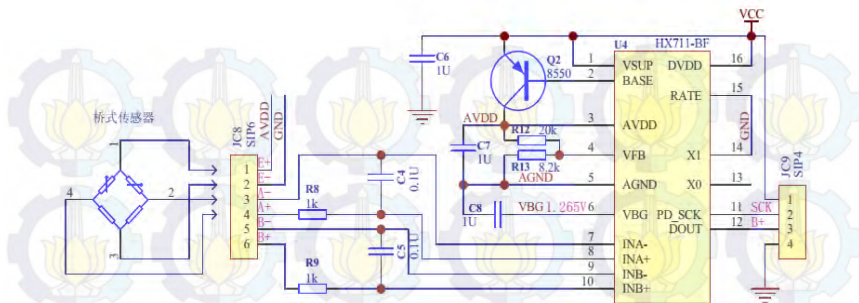
Akurasi pengukuran berat dengan menggunakan *load cell* sangat dipengaruhi oleh faktor desain mekanis timbangan, berupa ukuran penampang, jenis dan ukuran *spacer* dan kekencangan bolt *mounting*. Desain mekanikal timbangan *load cell* pada sistem ini menggunakan akrilik dengan lebar 10x15 cm. *Mounting* *load cell* terhadap akrilik menggunakan bolt mini dengan ketinggian *spacer* 1.5 cm.



**Gambar 3.4** Desain Mekanis *Load Cell*

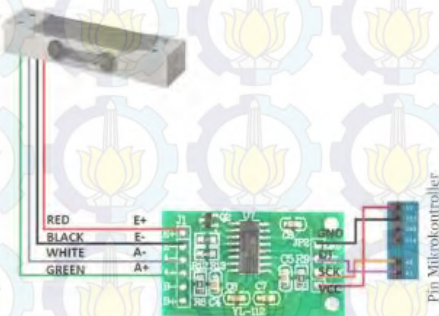
Ukuran luas tatakan mempertimbangkan luas dari gelas uji. Dimana dalam sistem ini menggunakan gelas kimia 500 ml berbentuk tabung berdiameter dasar 8.5 cm. Sehingga gelas ukur sepenuhnya akan tertampung pada tatakan timbangan yang mempunyai ukuran 10x15 cm. Hal ini juga akan mempermudah pada saat mengeset posisi gelas ukur pada pusat masa timbangan dengan kedudukan yang mantap.

Selanjutnya adalah konfigurasi *load cell* dengan mikrokontroler melalui modul ADC HX711. Untuk mengetahui sistem kerja dan konfigurasi dari modul ini, dapat menggunakan panduan *schematic* sirkuit pada gambar 3.5 berikut.



**Gambar 3.5** Schematic Sirkuit Modul HX711 [8]

Keluaran sensor terdiri dari 4 buah kabel berupa masukan (*input*) terdiri dari kabel merah (E+) dan hitam (E-) serta keluaran (*output*) terdiri dari kabel hijau (A+ atau B+) dan putih (A- atau B-). Sedangkan *pinout* pada HX711 berupa label yang tercetak pada PCB. Terdiri dari 6 pin, yaitu AVDD (E+), GND (E-), 2 pin untuk kanal A (A-, A+), dan 2 pin untuk kanal B (B-, B+). Pada perancangan ini menggunakan kanal A dengan penguatan default 128. Untuk pin yang dihubungkan ke mikrokontroler terdiri dari 4pin, yaitu *ground* (GND), *data* (DT), *serial clock sync* (SCK), dan *catu daya* 5V (VCC).



**Gambar 3.6** Konfigurasi Pin HX711 [8]

Kalibrasi sensor *load cell* dilakukan setelah sistem terkonfigurasi dengan mikrokontroler. Yaitu dengan membandingkan data akusisi sensor terhadap nilai pengukuran aktual menggunakan timbangan yang telah terkalibrasi. Pada sistem ini menggunakan timbangan merk *Adventure Pro*

dan *SONIC media* yang mempunyai batas ketelitian masing – masing 0.1 mg dan 0,1 gr milik Laboratorium Bahan Teknik Fisika ITS.



**Gambar 3.7** Pengukuran Media Kalibrator

Standart berat pada kalibrasi ini menggunakan *bolt* dan *nut* sebagai media kalibrator untuk beban di bawah 250 gram. Dengan cara menimbang *bolt* atau *nut* dengan variasi ukuran pada timbangan dengan batas ketelitian 0.1 mg. Sedangkan media semen dalam wadah botol digunakan sebagai kalibrator untuk bobot kelipatan 200 gram sebanyak empat buah. Hasil pembacaan akusisi data load cell kemudian dibandingkan dengan berat aktual (nilai referensi). Pada saat kalibrasi penting untuk memperhatikan kebersihan permukaan timbangan *load cell*.

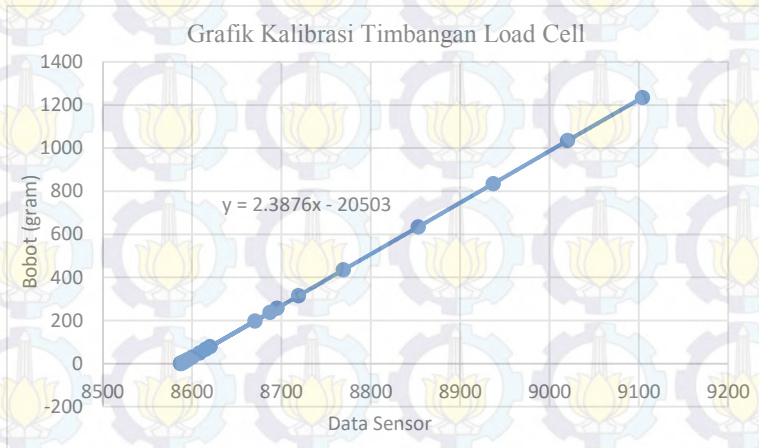
Dari hasil kalibrasi didapatkan perbandingan data akusisi *load cell* terhadap beban standar. Perbandingan data tersebut kemudian diolah dan ditampilkan ke dalam sebuah grafik untuk mendapatkan persamaan linierisasinya. Persamaan yang diperoleh menjadi nilai persamaan kalibrasi pada program *software*. Hasil dari pembacaan data terhadap beban aktual dapat diamati pada Tabel 3.1 dan grafik pada Gambar 3.8.



**Tabel 3.1** Data Kalibrasi Sensor *Load Cell*

Data	Bobot	Data	Bobot
8587	0.00	8615	66.19
8587	0.31	8620	77.79
8587	0.65	8670	197.10
8588	1.50	8687	236.90
8588	2.10	8695	255.73
8589	4.65	8719	314.70
8590	5.37	8769	434.01
8591	8.90	8853	634.01
8593	13.21	8937	834.01
8595	18.82	9020	1034.01
8600	29.86	9104	1234.01
8608	48.61		

Dari data di atas dapat ditentukan nilai persamaan liniernya menggunakan program Microsoft Excel.



**Gambar 3.8** Grafik Kalibrasi Timbangan *Load Cel*

Persamaan  $y = 2.3876x - 20503$  adalah hasil linierisasi yang digunakan sebagai nilai konversi pada program penghitungan berat terukur.

Secara hardware untuk *zero adjustment* memerlukan sebuah tombol tera untuk mengeset nilai nol pembacaan sebelum timbangan dibebani. Setiap pengukuran berat, jika pembacaan belum menunjukkan angka nol maka dapat di set dengan menekan tombol tera. Aktualisasi dan setting data untuk *zero adjustment* selengkapanya pada sub bab perancangan *software*.

### 3.2.2 Pengukuran Volume

Pengukuran volume susu pada sistem ini dilakukan bersamaan dengan pengukuran berat. Sehingga penentuan nilai berat jenis (BJ) aktual cairan terukur dapat langsung diketahui. Volume susu didapat melalui konversi jarak terukur sensor dengan level volume pada gelas kimia.

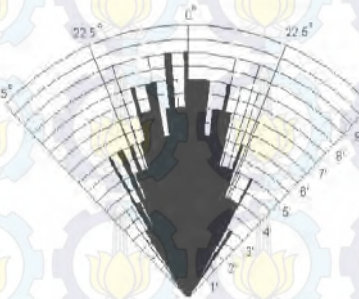
Untuk menjaga kenaikan level cairan terukur bisa konstan, maka bentuk gelas uji sebagai objek terukur dari sensor harus memiliki bentuk simetris antara alas dengan tutupnya. Maka pada perancangan sistem ini menggunakan gelas kima. Terbuat dari bahan kaca transparan dan terdapat skala ukur dari 0 ml sampai dengan 500 ml. Gelas ukur ini dapat dimuati hingga kapasitas volume maksimal 550ml.

Kenaikan level tiap skala garisnya sebesar 50 ml, hal ini dapat dijadikan ukuran pembanding terhadap kenaikan ketinggian level dalam ukuran centimeter untuk pembacaan sensor ultrasonik. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa setiap kenaikan satu level skala besar (penambahan 50 ml volume) pada gelas ukur setara dengan kenaikan ketinggian 9 mm. Atau penambahan volume 16.67 ml setara dengan 3 mm ketinggian.



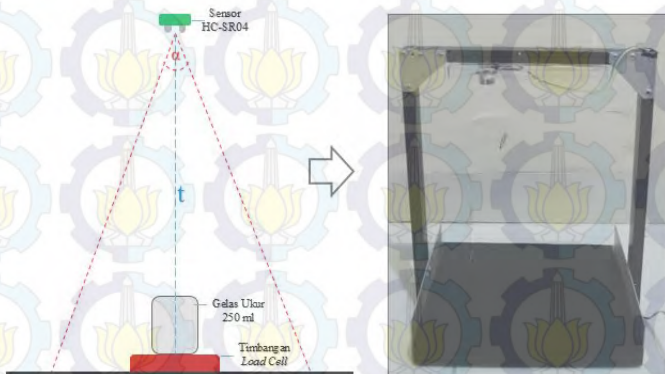
**Gambar 3.9** Gelas Kimia 500ml

Penempatan jarak sensor ultrasonik terhadap objek terukur, dalam hal ini gelas kimia mengikuti ketentuan pada *datasheet* mengenai cakupan efektif jarak pengukuran sensor ultrasonik.



**Gambar 3.10** Cakupan Optimal HC-SR04 [9]

Sensor ditempatkan pada tiang *fix* dengan ketinggian ( $t$ ) sekitar 20 cm dari permukaan timbangan, pertimbangan ini mengacu pada cakupan dan jarak optimum sensor terhadap gelas ukur (objek terukur), yaitu sebesar  $22.5^\circ$  (sudut  $\alpha$ ). Tiang sensor dilengkapi dengan rail untuk mempermudah setting sensor terhadap objek dengan cara menggeser (*sliding*) tanpa mengubah jarak pembacaan.



**Gambar 3.11** Desain Tiang Sensor HC-SR04

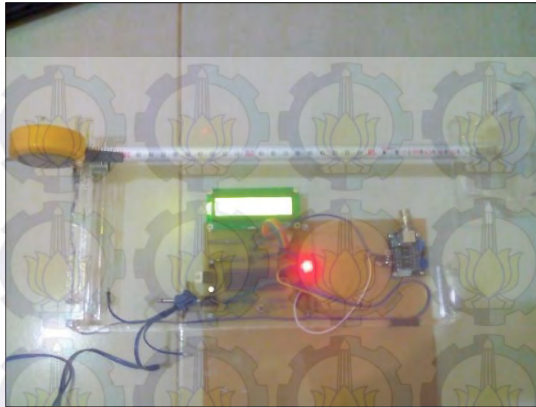


Mikrokontroler memberikan sinyal pulsa high pada pin *trigger pulse input* untuk mengaktifkan sensor ultrasonik. Lebar pulsa PWM dihitung menggunakan timer0. Pin Echo pulse output terhubung dengan pin-pin pada mikrokontroler. Timer0 akan aktif ketika pin echo pulse keluaran bernilai *high* dan akan dinonaktifkan (dimatikan) saat pin echo kembali bernilai *low*, bersamaan dengan ini data TCNT0 diakusisi sebagai data jarak. Jarak yang terukur akan di komparasi dengan nilai volume dari objek cairan dalam gelas kimia.



**Gambar 3.12** Konfigurasi Pin Sensor HC-SR04 [9]

Kalibrasi sensor dilakukan setelah sensor terkonfigurasi dengan mikrokontroler. Ada dua tahapan dalam kalibrasi sensor ini. Pertama kalibrasi jarak, dengan cara menghitung sampel jarak aktual sensor terhadap objek dibandingkan dengan nilai pembacaan sensor pada mikrokontroler, hal ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan dan range kerja optimal dari sensor. Kemudian kalibrasi untuk penyesuaian volume aktual cairan, dengan cara mengkonversi ketinggian atau jarak pembacaan sensor dengan nilai volume dari cairan uji pada gelas kimia 500 gr.



**Gambar 3.13** Uji Kestabilan HC-SR04 Untuk Jarak Tetap 50 cm

Pengujian kestabilan pengukuran level dilakukan pada jarak tetap 50 cm. Pengulangan dilakukan sebanyak 10 kali. Sebelum melakukan pengukuran berikutnya, sensor diberikan penghalang untuk mengubah nilai pembacaan. Benda yang diukur kemudian diletakkan kembali pada jarak fix 50 cm.

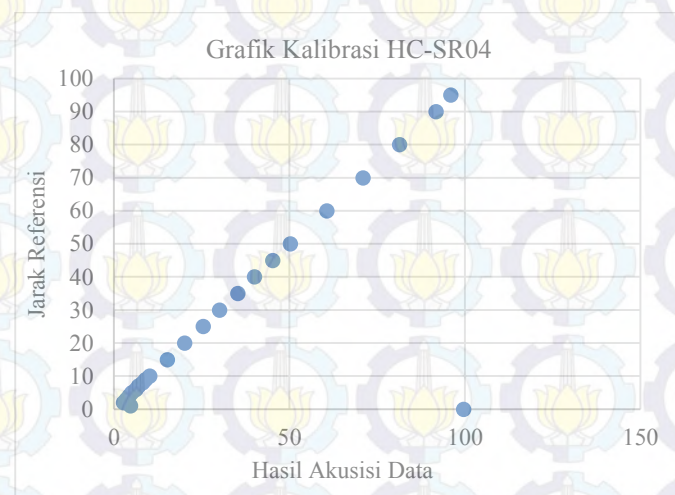
**Tabel 3.2** Hasil Pengujian HC-SR04 Dengan Jarak Tetap

Uji ke-	Nilai Terbaca	Uji ke-	Nilai Terbaca
1	50	6	50.2
2	50.1	7	50.1
3	50.1	8	50.1
4	50.1	9	50.2
5	50.1	10	50.1

Dari hasil pengukuran pada jarak tetap (50 cm) didapat data pengukuran yang fluktuatif. Dimana nilai deviasnya sebesar 0.37 – 0.38. Nilai eror rata – rata sebesar 0.11 %. Kestabilan pengukuran untuk *range* jarak 50 cm sebesar 99,89 %.

Kalibrasi selanjutnya adalah uji jangkauan sensor. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui jarak efektif jangkauan terdekat dan terjauh dari sensor HC-SR04. Dari hasil pengujian diketahui bahwa jangkauan terjauh dari sensor ini adalah 99.61 cm sedangkan jarak jangkauan terdekatnya 2.73 cm.

Selanjutnya adalah melakukan pengukuran dengan jarak bervariasi dalam *range* jarak efektif dari sensor, kemudian membandingkan dengan pengukuran aktual menggunakan meter standar. Dari uji jarak variatif sensor didapatkan data yang ditampilkan pada grafik Gambar 3.14.



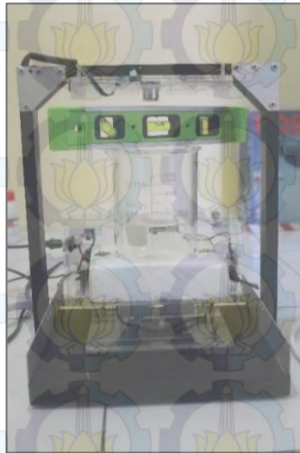
**Gambar 3.14** Pengujian HC-SR04 Untuk Jarak Variatif

Hasil pembacaan sensor menunjukkan bahwa pada jarak 0 s/d 4 cm deviasi pembacaan sensor masih besar. Demikian pula untuk jarak di atas 60 cm, deviasi akan semakin besar seiring dengan kenaikan jarak pembacaan. Range optimal kerja sensor ultrasonik yang digunakan pada sistem ini yaitu pada jarak 5 s/d 60 cm.

Setelah diketahui kestabilan dan range optimum dari sensor maka langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi pembacaan nilai volume. Dengan cara mengkonversi hasil akusisi data ketinggian level cairan dengan pembacaan secara manual volume melalui skala pada gelas ukur. Sebelum melakukan pengkonversian, maka harus dipastikan terlebih dahulu bahwa objek terukur dalam range optimal jangkauan sensor, baik jarak maupun cakupan sudut optimal ultrasonik. Posisi gelas kimia yang digunakan harus mantap. Pada sistem ini menggunakan tambahan sterofoam sebagaiudukan objek terukur pada timbangan *load cell* dengan ketebalan 3.5 cm. Sehingga



ketinggian aktual sensor terhadap dasar objek terukur (permukaan dasar gelas kimia) menjadi 16.5 cm.



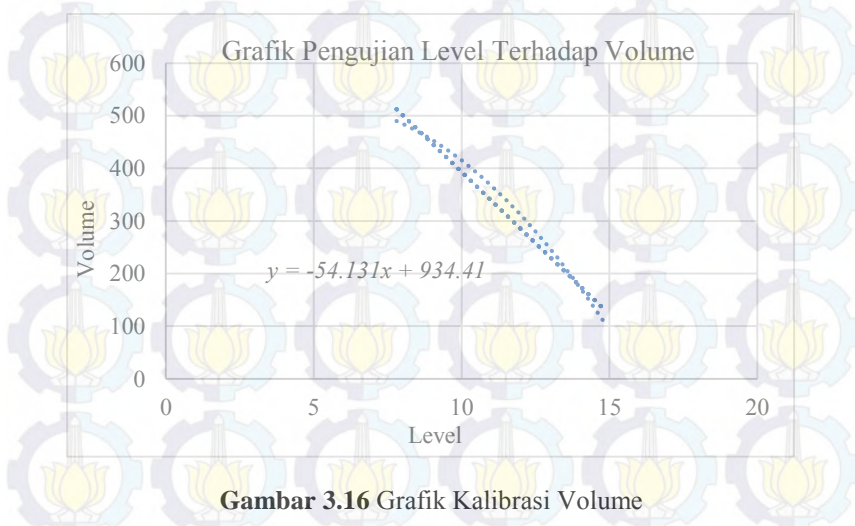
**Gambar 3.15** Kalibrasi Ketinggian Terhadap Volume

Perubahan ketinggian cairan pengukuran pada gelas ukur masih dalam cakupan *range* optimum dari sensor. Dimana jarak sensor terhadap level maksimum cairan lebih besar dari 5 cm dan jarak sensor pada saat gelas ukur kosong lebih kecil dari 60 cm. Hasil konversi ketinggian terhadap volume terukur dapat diamati pada Tabel 3.3, dengan objek yang digunakan adalah aquades.

**Tabel 3.3** Kalibrasi Volume

Jarak	Volume
15	100
14.1	150
13.2	200
12.3	250
11.4	300
10.5	350
9.6	400
8.7	450
7.8	500

Penting untuk memperhatikan kerataan cairan pada saat pengukuran volume, guna memastikan ketepatan pembacaan dari sensor ultrasonik. Untuk menghindari deviasi pembacaan maka pada rancangan ini menggunakan *tool* waterpas sebagai pengukur kerataan permukaan timbangan. Nilai-nilai pada tabel tersebut jika ditampilkan ke dalam sebuah grafik akan nampak seperti Gambar 3.16.



Setelah dilinierisasi, didapat persamaan  $y = -54.131x + 934.41$  yang digunakan sebagai nilai konversi pada program penghitungan volume terukur. Dimana variabel  $x$  sebagai nilai level cairan terukur atau jarak cairan terhadap sensor (dalam satuan cm). Sedangkan  $y$  sebagai nilai konversi volume cairan.

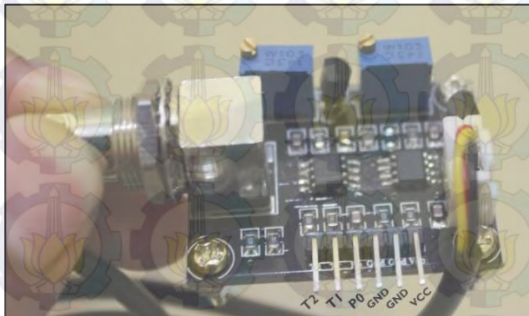
### 3.2.3 Pengukuran Nilai pH

Sistem ini menggunakan sensor pH E-201-C. Trdiri dari probe kombinasi yang terhubung dengan kit modul melalui kabel *coaxial*. Kit modul berupa penguat sinyal dan *signal conditioning*. Data keluaran modul berupa sinyal analog, data ini sebagai inputan pada pin ADC mikrokontroler (Port A). Karena spesifikasi range pengukuran pH pada sistem ini cukup lebar, yaitu pada 5-60°C, maka sensor suhu bawaan pada modul ini tidak digunakan.



**Gambar 3.17** Sensor pH E-201-C

Pin out pada sirkuit penguat berjumlah 6 buah, terdiri dari T2, T1 untuk sensor suhu, 2 buah pin Gnd, VCC dan 1 pin data untuk pH yaitu P0.



**Gambar 3.18** Konfigurasi Pin Kit Modul E-201-C

Pada perancangan sistem ini P0 terhubung ke ADC Mikrokontroler (Pin A.1), sedangkan T1 dan T2 tidak digunakan.

Kalibrasi sensor pH memerlukan buffer pH. Larutan buffer adalah larutan yang nilai pH nya konstan atau tetap meski ditambahkan dengan larutan yang bersifat asam. Berbeda dengan air yang akan berubah nilai pHnya jika ditambah sedikit larutan yang bersifat asam atau basa. Sensor ini menyertakan buffer bawaan untuk pH netral (pH 7) berbentuk *powder*.

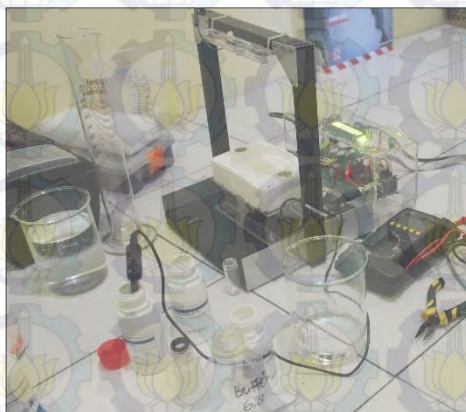


Penggunaannya dengan cara melarutkan *powder* pada 250 ml air. Buffer asam dan basa pada perancangan ini menggunakan buffer cairan berukuran 100 ml. yaitu buffer pH 4, pH 6.8 dan pH 10. Yang perlu diperhatikan pada kemasan buffer ini yaitu tanggal kadaluarsanya.



**Gambar 3.19** Buffer pH Kalibrasi

Karena kalibrasi pada sensor pH menggunakan buffer pH yang bersifat asam (buffer pH 4) maka harus dijaga dalam perlakuan larutan agar tetap aman. Secara *safety* sebaiknya menggunakan sarung tangan karet atau sarung tangan kimia saat kalibrasi menggunakan cairan asam.



**Gambar 3.20** Kalibrasi Sensor pH

Kalibrasi sensor pH dilakukan dengan mengukur tegangan output dan pembacaan nilai ADC untuk pH larutan buffer, yaitu pH 4, 6.8, 7 dan 10. Setiap melakukan pengukuran larutan atau cairan, maka sensor harus dicelupkan pada cairan aquades. Hal ini untuk menetralkan probe dan menghindari cairan yang akan diukur tercampur dengan sisa-sisa larutan dari pengukuran sebelumnya.

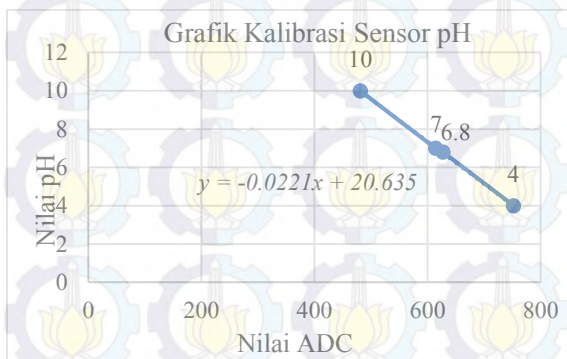
Hasil kalibrasi dengan keempat buffer pH didapatkan nilai ADC dan tegangan keluaran pada table 3.4 berikut.

**Tabel 3.4** Kalibrasi Sensor pH

pH Buffer (Cairan)	Nilai ADC	Vo (Volt)
4	752	3.7
6.8	627	3.12
7	614	3.07
10	481	2.4

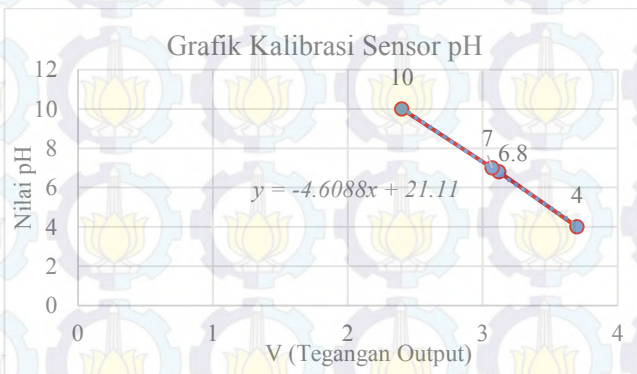
Data kalibrasi menunjukkan bahwa kenaikan nilai pH berbanding terbalik dengan nilai ADC dan tegangan keluarannya. Semakin tinggi nilai pH (semakin basa) maka nilai tegangan keluarannya akan semakin menurun, begitu pula untuk nilai ADCnya.

Hasil pembacaan nilai kalibrasi keempat cairan buffer di atas dapat di buat sebuah grafik menggunakan program Exel untuk mencari persamaan liniernya.



**Gambar 3.21** Grafik Nilai ADC Terhadap Nilai pH

Grafik nilai ADC terhadap nilai pH pada Gambar 3.21 dilinierisasi menggunakan program Excel, sehingga diperoleh persamaan  $y = -0.0221x + 20.635$ . Variabel  $y$  sebagai nilai pH yang akan dicari, dan variabel  $x$  adalah nilai pembacaan ADC pada mikrokontroler yang telah diketahui.



**Gambar 3.22** Grafik Nilai Vout Terhadap Nilai pH

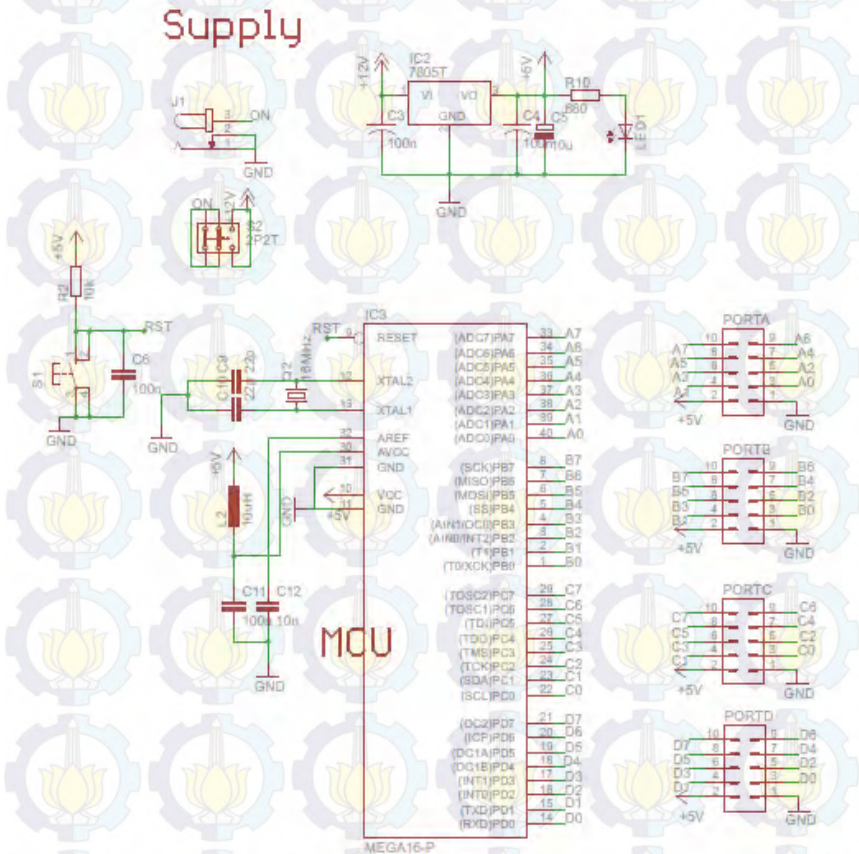
Dari kedua grafik pada Gambar 3.21 dan Gambar 3.22 di atas didapat dua persamaan garis lurus, sebagai hasil linierisasi karakteristik dari sensor pH yang digunakan pada sistem. Pada aplikasinya, dapat dipilih salah satu dari dua persamaan di atas sebagai kalibrasi pada program *software*. Pada sistem ini perhitungan menggunakan parameter nilai ADC, yaitu menggunakan persamaan  $y = -0.0221x + 20.635$ . Perbandingan nilai ADC terhadap nilai pH dapat dihitung secara manual melalui persamaan tersebut, nilai – nilai ini dapat dijadikan sebagai nilai referensi pengujian.

### 3.2.4 Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler pada dasarnya berfungsi sebagai pengolah data sensor. Data pengukuran berat dari sensor *load cell* akan dibandingkan dengan data pengukuran volume oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Hasilnya berupa nilai berat jenis dari cairan yang diukur. Selain ditampilkan pada LCD, data ini juga disimpan untuk diolah sebagai parameter *grade* dari cairan uji, dalam hal ini susu. Pemrosesan data ini bersamaan dengan penghitungan nilai pH dari hasil akusisi data sensor.



Rangkaian minimum sistem didesain menggunakan *software* Eagle. Pada sistem ini hanya memerlukan satu buah ADC untuk pembacaan sensor pH. Sedangkan data berat sensor *load cell* dan data level sensor ultrasonik berupa data digital yang dapat langsung dibaca oleh mikrokontroler.

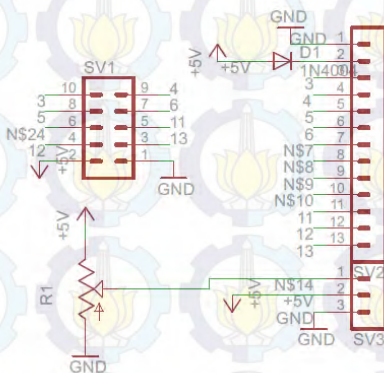


**Gambar 3.23** Rangkaian Microcontroller

Sistem minimum dalam perancangan ini menggunakan sumber clock eksternal *Crystal* 12 MHz guna mencukupi kebutuhan akan kecepatan

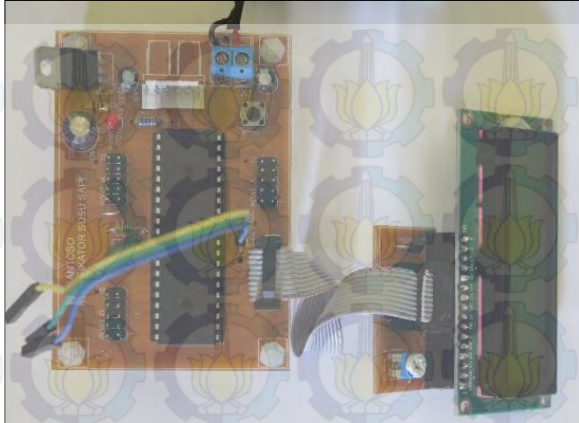
eksekusi program dari mikrokontroler. Kecepatan clock yang mampu ditangani oleh AVR ATmega16 adalah 0-16 MHz. Tombol reset diperlukan untuk mengulang eksekusi program dari alamat pointer paling awal. Sedangkan pembagian port ATmega16 yang digunakan dalam sistem ini yaitu:

Pada Port A, pin 33 s/d 40 sebagai ADC, pada sistem ini memerlukan satu buah pin, yaitu pin A.1 sebagai pin masukan ADC sensor pH melalui pin P0. Port B: pin B.0 ke pin triger, pin B.1 ke pin echo (output) sensor HC-SR04. Pin B.2 ke pin DT, pin B.3 ke SCK HX711 dan pin B.4 sebagai tombol start. Pin B.5, B.6 dan B.7 sebagai SPI, masing-masing adalah MOSI, MISO, SCK.



**Gambar 3.24** Konfigurasi Pin LCD

PORTC: untuk LCD 2x16, bus data pada pin 22 hingga 25, pin 27 ke pin E dan pin 29 ke pin RS. Pin RW pada LCD terhubung ke GND dan sebagai pengatur kecerahan LCD menggunakan *variable* resistor 1K yang terhubung dengan pin VO pada LCD. Sedangkan Port D hanya difungsikan satu buah (port D.0) sebagai tombol tera untuk timbangan *load cell*. Untuk sumber tegangan konstan 5V pada mikrokontroler menggunakan IC regulator 7805. Supply 12 V ke sistem (input regulator) menggunakan modul DC *power supply* 12V 2A melalui konektor X1 (*connector* ptr500). Sedangkan catu daya menggunakan DC *power supply* 12V melalui konektor J1. Inputan ke VCC mikrokontroler diberi pengamanan dengan rangkaian R-C, yang bertindak sebagai LPF.



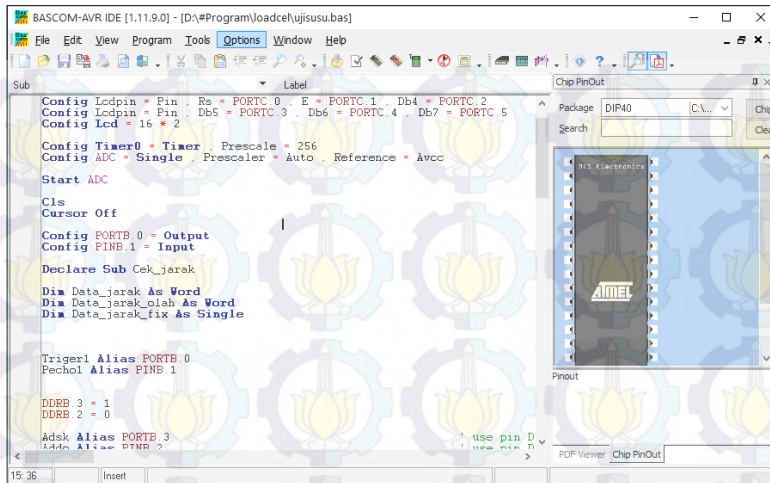
**Gambar 3.25** Sistem Minimum ATmega16

### 3.3 Perancangan Software

Setelah dilakukan rancang bangun terhadap perangkat keras, selanjutnya akan dilakukan proses perancangan *software*. Pada tahap pembuatan *software* ini telah dilakukan beberapa percobaan untuk menentukan terbaik yang lebih sesuai untuk diaplikasikan pada sistem. Metode atau *step* pemrograman mengikuti langkah – langkah yang telah dituangkan dalam *flowchart* (gambar 3.2 halaman 24).

Untuk dapat bekerja dalam mikrokontroler, program yang telah ditulis dengan bahasa pemrograman (BASIC, C maupun Assembler) harus di-*compile* menggunakan program compiler untuk memperoleh file hexadecimal dengan ekstensi file \*.hex. Dalam perancangan sistem ini menggunakan BASCOM-AVR sebagai *compiler* dan software AVR Dude 5.2 sebagai *downloader*. Bascom juga memiliki fasilitas AVR simulator sebagai simulasi program untuk mempermudah mengetahui hasil keluaran mikro ke penampil, misalnya seven segment, LCD atau *keypad*. Sehingga program dapat disimulasikan terlebih dahulu sebelum diaplikasikan pada perangkat keras.





**Gambar 3.26** Tampilan Muka Program BASCOM-AVR

Langkah pertama program ini yaitu menentukan pengarah preprosessor bahasa BASIC, terdiri dari deklarasi register dari mikrokontroler ATmega 16 dan kirstal yang akan digunakan.

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 12000000
  
```

Selanjutnya adalah deklarasi variabel, konstanta, fungsi dan operator. Terdiri dari inisialisasi port LCD, sensor *load cell*, ultrasonik HC-SR04 dan setting ADC untuk pembacaan sensor pH.

```

Config Lcdpin = Pin , Rs = Portc.7 , E = Portc.5 , Db4 = Portc.3
Config Lcdpin = Pin , Db5 = Portc.2 , Db6 = Portc.1 , Db7 = Portc.0
Config Lcd = 16 * 2

Config Timer0 = Timer , Prescale = 256           'timer HC SR-04

'----- Config ADC pH -----
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Start Adc
  
```

```

'----- HC SR-04 -----
Config Portb.0 = Output
Config Pinb.1 = Input

Pintrig Alias Portb.0
Pinecho Alias Pinb.1
'----- Load Cell-----
Config Portb.3 = Output
Config Pinb.2 = Input
Pinsck Alias Portb.3
Pindt Alias Pinb.2
'----- Input Tombol-----
Ddrb.4 = 0
Set Portb.4
Ddrd.0 = 0
Set Portd.0
'----- variabel Parameter -----
Dim Data_jarak As Word
Dim Data_jarak_olah As Word
Dim Data_jarak_fix As Single

Dim Count As Long
Dim I As Byte
Dim Hx711_read As Long
Dim Hx711 As String * 10
Dim Datafix As Integer
Dim Data_tera As Integer
Dim Nilai_beratx As Integer
Dim Nilai_berat As Single
'----- variabel Hasil -----
Dim Nilai_volume As Single
Dim Nilai_bj As Single
Dim Dataadc As Word
Dim Nilai_ph As Single
'----- variabel kualitas -----
Dim Bobot_ph As Single
Dim Bobot_bj As Single
Dim Kualitas As Integer
Dim Kualitas_char As String * 10

```

Pola yang digunakan untuk LCD yaitu mode 4 bit, pin data diletakkan pada port C.0 sampai dengan port C.3 yaitu data Db4 sampai Db7. Untuk pin-pin kendali LCD diletakkan di port C.5 (kendali *enable*) dan Rs pada port C.7. *Config Lcd* = 16 \* 2 menandakan LCD yang digunakan 2x16 karakter. Untuk konfigurasi pin output dan input, port B digunakan sebagai inputan & keluaran dari sensor, dimana input sensor HC SR-04 dan *load cell* diletakkan pada port B.1 dan port B.2, sedangkan port B.0 dan port B.3 sebagai outputnya.

Untuk penghitungan nilai – nilai parameter terukur, harus dilakukan update program setelah kalibrasi sensor. Sehingga akan didapat aktual dari pengukuran.

### 3.3.1 Pembacaan Nilai Berat Jenis

Nilai berat jenis di dapat dari perbandingan nilai berat dengan nilai volume terukur. Nilai berat didapat dari akusisi data *load cell*. Data keluaran Hx711 terdiri dari 24 digit.

```

'----- Nilai Berat -----
Pindt = 1
Pinsck = 0
Count = 0
While Pindt = 1
Wend
For I = 1 To 24
    Pinsck = 1
    Shift Count , Left , 1
    Pinsck = 0
    If Pindt = 1 Then Incr Count
Next
Pinsck = 1
Count = Count Xor &H800000
Pinsck = 0
Hx711_read = Count
Hx711 = Str(hx711_read)
Hx711 = Left(hx711 , 4)
Datafix = Val(hx711)

If Pind.0 = 0 Then                                'Setting Nol timbangan (Tera)
Cls

```



```

Data_tera = Datafix - 8587
End If

```

*Zero Adjustment* di set melalui penekanan tombol yang diletakkan pada pin D.0. Nilai data pada saat *load cell* tanpa beban adalah 8575. Penekanan tombol tera pada dasarnya untuk menghitung nilai selisih (deviasi) data dari *load cell* yang dipakai sebagai nilai variabel offset data keluaran HX 711 yang terbaca sekarang. Sehingga nol gram selalu dimulai dari data 8575.

Nilai linierisasi *load cell* dapat ditentukan setelah melakukan kalibrasi. Persamaan linierisasi hasil kalibrasi diinputkan ke dalam program penghitungan nilai berat. Untuk pembacaan nilai negatif maka nilai berat disamadengankan nol dengan perintah *if*. Sedangkan nilai penyesuaian (toleransi) didapat dari rata – rata nilai error pada saat pengujian.

```

Nilai_beratx = Datafix - Data_tera
Nilai_berat = 2.3876 * Nilai_beratx
Nilai_berat = Nilai_berat - 20503
Nilai_berat = Nilai_berat + 1.98

If Nilai_berat < 1.5 Then
Nilai_berat = 0
End If

```

'Nilai Berat Penyesuaian  
'Nilai Kalibrasi load cell y = 2.3876x - 20503  
'Toleransi Error

Pada pengujian berat, nilai parameter terukur ditampilkan dalam satu layar LCD yaitu, nilai data input, nilai data terbaca sekarang, nilai tera (selisih data) dan berat terbaca.

```

Upperline
Lcd "ADC:" ; Datafix ; " Tera" ; Data_tera
Lowerline
Lcd "Set.:" ; Nilai_beratx ; " " ; Fusing(nilai_berat , "#.###")
Waitms 200

```

Sedangkan untuk nilai volume merupakan konversi dari pembacaan jarak oleh HC-SR04.

```

----- Nilai Volume -----
Call Cek_jarak
Data_jarak = Data_jarak
Data_jarak_olah = Data_jarak * 100
Data_jarak_fix = Data_jarak_olah / 256

Sub Cek_jarak:
  Reset Pintrig
  Waitus 10
  Set Pintrig
  Waitus 20
  Reset Pintrig

  Tcnt0 = 0
  Bitwait Pinecho , Set
  Start Timer0
  Do
    If Pinecho = 0 Then
      Data_jarak = Tcnt0
      Stop Timer0
      Exit Do
    End If

    If Tifr.0 = 1 Then
      Stop Timer0
      Tifr.0 = 1
      Data_jarak = &HFF
      Exit Do
    End If
  Loop

```

Prescale sebagai time delay counter. Timer 0 bernilai 8 bit. Data jarak fix dibagi dengan nilai 256. Konversi nilai jarak terhadap volume dengan cara memasukkan persamaan linierisasi sensor HC SR-04 hasil dari kalibrasi. Nilai *linierisasi* HC-SR-04 dapat ditentukan setelah melakukan kalibrasi. Persamaan yang didapat diinputkan ke dalam program untuk mengkonversi jarak menjadi volume.

$\text{Nilai\_volume} = -54.131 * \text{Data\_jarak\_fix}$	<i>'Linierisasi Sensor HC SR-04 y = -54.131x + 934.41</i>
--	---

```
Nilai_volume = Nilai_volume + 934.41
```

```
'----- Nilai Nilai BJ -----  
Nilai_bj = Nilai_berat / 250
```

Pada pengujian volume, nilai parameter terukur ditampilkan dalam satu layar LCD berupa nilai data input, data setelah diolah dan nilai volume hasil kalibrasi.

```
Upperline  
Lcd "B" ; Fusing(nilai_berat , "#.##") ; " V" ; Fusing(nilai_volume , "#.#")  
Lowerline  
Lcd "BJ" ; Fusing(nilai_bj , "#.###") ; " p" ; Fusing(nilai_ph , "#.#") ; " K  
"; Kualitas_char  
Waitms 200
```

Nilai berat dan volume hasil akusisi data ditampilkan dan dibandingkan pada LCD untuk mendapatkan nilai dari berat jenisnya.

### 3.3.2 Pembacaan Nilai pH

Nilai pH dibaca setelah inialisasi ADC. Hasil kalibrasi sensor didapatkan persamaan untuk linierisasi sensor. Program utama pembacaan pH dengan linierisasi sbb:

```
'----- Nilai pH -----  
Dataadc = Getadc(1)  
Nilai_ph = -0.0212 * Dataadc 'Linierisasi sensor pH y = -0.0212x + 19.921  
Nilai_ph = Nilai_ph + 19.921
```

Data sensor masuk ke pin A.1. Pada pengujian pH, nilai parameter terukur berupa data ADC dan hasil konversi ke nilai pH ditampilkan dalam satu layar LCD.

```
Upperline  
Lcd "ADC: " ; Dataadc  
Lowerline  
Lcd "pH: " ; Fusing(nilai_ph , "#.##")
```



### 3.3.3 Sistem Kualifikasi *grade* Susu

Kualifikasi *grade* susu mengadopsi *scoring* SNI 01-3141-1998 tentang penilaian kualitas susu.

**Tabel 3.5** Nilai Kualitas Susu SNI 01-3141-1998

No	Nama uji	Kriteria uji	Skor
1	Derajat asam	6,0 – 7,0 °SH	4
		7,1 – 7,4 °SH	3
		7,5 – 7,9 °SH	2
		4,6 – 5,9 °SH	1
		>8,0 °SH	1
2	Reduktase	≥ 7,0	1
		≥ 5,0	4
		2,5 – 5,0	3
		0,5 – 2,0	2
		< 0,5	1
3	Angka kuman	< 500.000	4
		500.000 – 750.000	3
		760.000 – 1.000.000	2
		1.000.000	1
		> 1.000.000	1
4	Jumlah sel radang	300.000	4
		301.000 – 350.000	3
		351.000 – 400.000	2
		>400.000	1
5	Berat jenis	1,0280 – 1,0310	4
		1,0271 – 1,0279	3
		1,0261 – 1,0270	2
		<1,0260	1

Dengan mengadopsi data di atas, maka dapat disusun program untuk kualifikasi susu berdasarkan parameter pH dan BJ. Dimana standart nilai

yang dipakai menggunakan standar nilai yang tertuang dalam SNI 3141.1:2011.

**Tabel 3.6** Pembobotan Uji Kualitas Susu

Parameter	Nilai	Bobot
pH	6.4 - 6.7	4
	6.8 - 7.1	3
	6.1 - 6.3	3
	7.2 - 7.7	2
	5.0 - 6.3	1
	>7.7	1
BJ	1.027 - 1.031	4
	1.026 - 1.027	3
	1.025 - 1.026	2
	< 1.025	1

Grade susu ditentukan dengan menjumlahkan bobot pH dan BJ, kemudian klasifikasi ditentukan dalam *range* nilai sbb:

Kualitas A : 7 s/d 8

Kualitas B : 5 s/d 6

Kualitas C : 2 s/d 4

<p>----- Pembobotan -----</p> <p><i>If Nilai_ph &gt;= 6.4 And Nilai_ph &lt;= 6.7 Then</i>  <i>Bobot_ph = 4</i>  <i>End If</i></p> <p><i>If Nilai_ph &gt;= 6.8 And Nilai_ph &lt;= 7.1 Then</i>  <i>Bobot_ph = 3</i>  <i>End If</i></p> <p><i>If Nilai_ph &gt;= 6.1 And Nilai_ph &lt;= 6.3 Then</i>  <i>Bobot_ph = 3</i>  <i>End If</i></p> <p><i>If Nilai_ph &gt;= 7.2 And Nilai_ph &lt;= 7.7 Then</i>  <i>Bobot_ph = 2</i>  <i>End If</i></p> <p><i>If Nilai_ph &gt;= 5.0 And Nilai_ph &lt;= 6.3 Then</i>  <i>Bobot_ph = 1</i>  <i>End If</i></p> <p><i>If Nilai_ph &gt;= 7.7 Then</i></p>
--

```

    Bobot_ph = 1
End If

If Nilai_bj >= 1.028 And Nilai_bj <= 1.031 Then
    Bobot_bj = 4
End If
If Nilai_bj >= 1.026 And Nilai_bj <= 1.027 Then
    Bobot_bj = 3
End If
If Nilai_bj >= 1.024 And Nilai_bj <= 1.025 Then
    Bobot_bj = 2
End If
If Nilai_bj >= 1.032 And Nilai_bj <= 1.024 Then
    Bobot_bj = 1
End If

Kualitas = Bobot_ph + Bobot_bj

If Kualitas > 6 And Kualitas < 11 Then
    Kualitas_char = "A"
End If
If Kualitas > 4 And Kualitas < 7 Then
    Kualitas_char = "B"
End If
If Kualitas > 1 And Kualitas < 5 Then
    Kualitas_char = "C"
End If
Lcd "Kualitas : "; Kualitas_char

```

Tampilan akhir pada LCD berupa nilai berat jenis (BJ), nilai pH dan grade kualitas.

```

Upperline
Lcd " BJ:" ; Fusing(nilai_bj, "#.##") ; " pH:" ; Nilai_ph
Lowerline
Lcd " Kualitas:" ; Kualitas_char

```

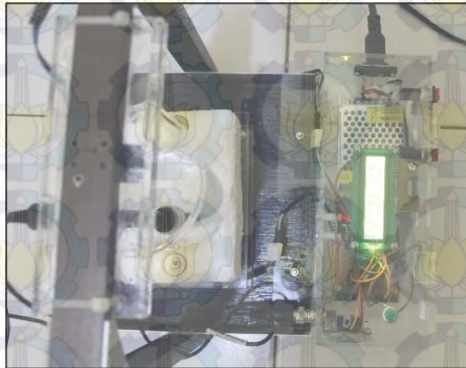
## BAB IV PENGUJIAN ALAT



Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian perangkat keras, perangkat lunak serta pengujian secara keseluruhan. Adapun tujuan dari pengujian sistem ini adalah mengetahui apakah rancangan sistem dapat bekerja sesuai yang diharapkan.

Sebelum dilakukan pengujian pada parameter utama, terlebih dahulu harus dilakukan pengujian terhadap sistem minimum ATmega16 untuk memastikan sistem kerja mikrokontroler dan output data dari minimum sistem. Adapun prosedur pengujian sistem minimum ATmega16 mengikuti langkah – langkah sebagai berikut :

1. Persiapan alat ukur dan perlengkapan.
2. Pin input DC 12 V power supply dihubungkan dengan input regulator LM 7805.
3. Pengukuran terhadap tegangan input output regulator dan minimum sistem ATmega16.
4. *Testing* dengan program sederhana untuk menampilkan karakter pada LCD.



**Gambar 4.1** Pengujian Minimum Sistem ATmega16

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan output input pada mikrokontroler sebesar 5 volt, diukur pada pin keluaran regulator LM7805. Kemudian tegangan output yang terukur pada setiap pin-nya tergantung pada logika yang diberikan pemrograman. Jika logika 1, maka output pada pin-nya bernilai 5 volt dan akan bernilai 0 volt jika diberi logika 0.

Tegangan input ke mikrokontroler sebesar 5 volt, sesuai dengan daerah kerja IC ATmega16. Tegangan ini disediakan oleh IC regulator 7805 dengan mensyaratkan tegangan input ke IC tersebut harus lebih besar dari 5V, dalam hal ini menggunakan 12V. Selain meregulasi tegangan juga sebagai pengaman agar tegangan input ke mikrokontroler stabil. Jika pada tegangan input mikrokontroler kurang dari 5 volt, maka kinerja IC tidak akan maksimal atau dapat terjadi *losses* data. Sedangkan jika tegangan input melebihi 5 volt, maka IC akan mudah panas dan berpotensi mengalami kerusakan.

#### 4.1 Pengujian Nilai Berat Susu

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi dan reliabilitas dari timbangan *load cell*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan bandul standar berupa bolt, nut dan semen dalam botol yang telah ditimbang menggunakan timbangan yang telah terkalibrasi.



**Gambar 4.2** Pengujian Timbangan *Load Cell*

Pengujian menggunakan *sample* uji sebanyak 15 dengan beban maksimum 5 kg. Variasi berat pengujian antara 5 gram sampai dengan 4000 gr. Data pengujian berat dengan timbangan *load cell* dapat diamati pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Pengujian Timbangan *Load Cell*

Jenis Beban	Berat	Terbaca	% eror
-------------	-------	---------	--------

<i>Kosong</i>	0.00	0.00	0.00
<i>Nut 3 mm</i>	0.31	0.00	100.00
<i>Nut 4 mm</i>	0.65	0.00	100.00
<i>Screw Putih</i>	1.50	0.00	100.00
<i>Nut 6mm</i>	2.10	1.71	22.70
<i>Bolt KepaLa Obeng+ 3 nut Putih</i>	4.65	4.10	13.34
<i>Nut 8 mm</i>	5.37	4.10	31.07
<i>Bolt UNS D6- 1 nut Emas</i>	8.90	6.48	37.29
<i>Nut 12 mm</i>	13.21	11.26	17.28
<i>Bolt UNS D8 - 2 nut Emas</i>	18.82	16.03	17.41
<i>Bolt UNS D10 - 2 nut Emas</i>	29.86	27.97	6.75
<i>Nut 18 mm</i>	48.61	47.07	3.27
<i>Bolt UNS D12 - 3 nut Emas</i>	66.19	63.79	3.76
<i>Bolt UNS D12 - 1 nut panjang Hitam</i>	77.79	75.72	2.74
<i>Bolt UNS D18 - 1 nut Hitam</i>	197.10	195.10	1.03
<i>Bolt UNS D18 - Panjang Hitam</i>	236.90	235.69	0.52
<i>Gabungan Bolt 7 &amp; 9</i>	314.70	314.49	0.07
<i>Gabungan Bolt 8 &amp; 9</i>	434.01	431.47	0.59
<i>Gabungan Bolt 8 &amp; 9 + Semen 1 botol</i>	634.01	632.03	0.31
<i>Gabungan Bolt 8 &amp; 9 + Semen 2 botol</i>	834.01	832.59	0.17

Hasil pengujian menunjukkan nilai eror untuk beban di bawah 25 gram cenderung besar. Sedangkan beban dibawah 1.5 gram menunjukkan eror 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai beban pada range tersebut belum terbaca oleh *load cell*. Data kalibrasi *load cell* pada Bab III juga menunjukkan bahwa range 0 s/d beban 1.5 gram belum ada perubahan data ADCnya (stabil di data 8587). Dengan demikian sistem mekanikal timbangan *load cell* yang dirancang pada sistem ini mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Penggunaan spacer berupa logam (aluminium ketebalan 1.5 cm) dengan diameter 9 mm menghasilkan timbangan *load cell* yang cenderung stabil pada beban di atas 25 gram (nilai eror kurang dari 5%). Sehingga pada uji kualitas susu, beban sebaiknya pada kisaran di atas nilai 75 gram (eror 2. 74%) atau di atas 250 gram agar eror di bawah 0.6%.

Pengujian berikutnya yaitu dengan tiga buah sampel susu segar. Wadah yang digunakan berupa gelas kimia 500 gr, dimana bobot gelas sebesar 71 gr. Langkah pengujian yaitu dengan cara menaruh gelas uji pada timbangan, kemudian set nilai nol dengan menekan tombol tera (tombol merah pada Gambar 4.2) kemudian susu dituangkan ke dalam gelas uji. Penekanan tombol tera sebaiknya selalu dilakukan setiap kali akan melakukan



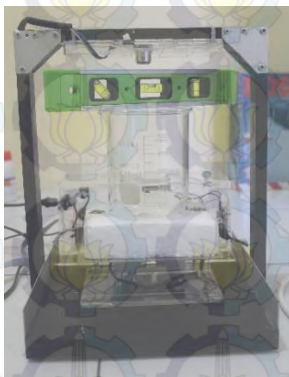
pengujian, hal ini untuk memastikan bahwa timbangan mencacah nilai mulai dari nol. Hasil pengujian susu selengkapnya dapat diamati pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Pengujian Nilai Berat Susu

Susu	Nilai Berat Terbaca	Nilai Aktual	% Eror
<i>Sample 1</i>	423.91	424	0.02
<i>Sample 2</i>	443.01	443	0.00
<i>Sample 3</i>	464.76	465	0.05

## 4.2 Pengujian Nilai Volume Susu

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi dan reliabilitas dari timbangan sensor ultrasonik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan aquades yang diisikan ke dalam gelas kimia. Gelas diposisikan pada posisi tetap dan datar (level gelas diperiksa menggunakan waterpas), kemudian level cairan (aquades) ditambah secara bertahap. Setiap kenaikan satu skala pada gelas kimia dicatat perubahan jarak sensornya.



**Gambar 4.3** Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian dilakukan sebanyak 8 step, mengikuti kenaikan level skala pada gelas kimia. Dimana antara *range* 0 s/d 500 ml terdapat 8 skala volume yang dimulai dari angka 100 ml. Hasil pengujian volume menggunakan sensor HC-SR04 pada sistem ini dapat diamati pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Pengujian Sensor HC-SR04 Untuk Pembacaan Volume

Volume Aktual	Volume Terbaca	%Error
100	88.61	11.39
150	173.19	15.46
200	194.34	2.83
250	257.77	3.11
300	321.21	7.07
350	363.5	3.86
400	405.79	1.45
450	448.08	0.43
500	511.51	2.30

Error hasil pembacaan pada level 100 ml dan 150 ml mencapai 15%. Hal ini dikarenakan pada *range* ketinggian tersebut, perbandingan antara luasan area objek terukur dengan cakupan area ultrasonik masih sangat besar. Meski dengan bertambahnya ketinggian cakupan area ultrasonik semakin sempit, namun dengan luasan area objek yang tetap maka perbandingan luasan area objek terukur terhadap cakupan area ultrasonik akan semakin kecil. Hal ini memungkinkan pembacaan sensor akan semakin optimum. Error pembacaan cenderung menurun seiring bertambahnya ketinggian (*level*).

Pengujian berikutnya yaitu dengan tiga buah sampel susu segar. Setiap penggantian *sample*, gelas kimia dicuci dan dikeringkan, sehingga tidak ada sisa cairan yang tertinggal pada gelas uji. Pengisian susu yang diujikan sebanyak 400 ml. Hal ini mempertimbangkan nilai error pada setiap level volume. Hasil pengujian berat susu dapat diamati pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Pengujian Volume Susu

Susu	Volume Terbaca	Nilai Aktual	% Error
<i>Sample 1</i>	405	400	1.25
<i>Sample 2</i>	405.89	400	1.47
<i>Sample 3</i>	448.18	450	0.40

### 4.3 Pengujian Berat Jenis Susu

Nilai berat dan volume hasil akusisi data ditampilkan dan dibandingkan pada LCD untuk mendapatkan nilai dari berat jenisnya.



**Gambar 4.4** Pengujian Berat Jenis Susu

Volume terukur langsung dapat diperiksa dengan melihat skala volume pada gelas ukur. Berat susu di cek dengan cara menimbang dengan cangkir ukur digital sebelum diuji.

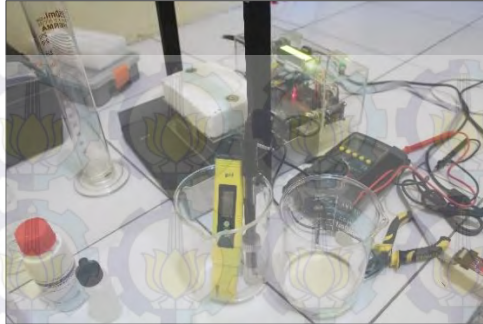
**Gambar 4.5** Hasil Pembacaan Berat Jenis Susu

Susu	Volume	Berat	BJ
<i>Sample 1</i>	405	412.29	1.018
<i>Sample 2</i>	405.89	409.14	1.008
<i>Sample 3</i>	448.18	451.78	1.008

#### 4.4 Pengujian Nilai pH Susu

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi pembacaan sensor pH. Pengujian dengan empat nilai buffer pH untuk memastikan nilai kalibrasi sensor benar.





**Gambar 4.5** Pengujian pH Susu

Hasil pengujian dengan keempat buffer dibandingkan terhadap pembacaan pH menggunakan pH meter. Hasil pengujian dapat diamati pada Tabel 4.6.

**Gambar 4.6** Pengujian Sensor pH Menggunakan Empat Buffer

Dengan pH meter	Terbaca Di Alat	% Error
4	4.2	5.00
6.8	6.7	1.47
6.9	6.8	1.45
10	9.9	1.00

Selanjutnya pengujian menggunakan tiga buah *sample* susu. Tiap penggantian uji *sample* probe sensor pH harus dicuci dengan menggunakan aquades. Probe diletakkan pada botol dan didiamkan selama lebih kurang 20 detik agar data yang terbaca stabil. Nilai pembacaan kemudian dibandingkan dengan pembacaan menggunakan pH meter yang telah terkalibrasi.

**Tabel 4.7** Hasil Pengujian pH Susu

Susu	Nilai pH Terbaca	pH Aktual (dengan pH meter)	% Error
<i>Sample 1</i>	6.6	6.7	1.52
<i>Sample 2</i>	6.7	6.7	0.00
<i>Sample 3</i>	6.5	6.6	1.54

Hasil pengujian keseluruhan dari ketiga *sample* dapat diamati pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian Kualitas Sampel Susu

Susu	Nilai pH	Volume	Berat	BJ	Kw
<i>Sample 1</i>	6.6	405	412.29	1.018	C
<i>Sample 2</i>	6.7	405.89	409.14	1.008	C
<i>Sample 3</i>	6.5	448.18	451.78	1.008	C

Pengujian dibandingkan dengan perhitungan volume pengujian dengan volume tetap 250 ml. Gelas kimia di set pada keadaan kosong dan diletakkan pada timbangan *load cell*. Sensor pH dapat langsung diletakkan pada gelas kimia, karena tidak akan mempengaruhi pembacaan volume. Sebelum susu uji dituangkan pada gelas kimia, susu diukur volumenya menggunakan gelas ukur 250 ml. Setiap melakukan pengujian, setelah gelas kimia dan sensor pH diletakkan pada timbangan *load cell* tombol tera ditekan terlebih dahulu untuk mengeset pembacaan berat pada posisi 0 gram.

**Tabel 4.9** Hasil Pengujian Kualitas Sampel Dengan Volume Tetap

Susu	Nilai pH	Volume	Berat	BJ	Kw
<i>Sample 1</i>	6.6	250	254.39	1.018	C
<i>Sample 2</i>	6.6	250	252	1.008	C
<i>Sample 3</i>	6.5	250	252	1.008	C

Dari hasil pengujian ketiga sampel, baik dengan volume yang konstan maupun bervariasi didapatkan nilai BJ yang sesuai (sama). Ketiga *sample* uji mempunyai kualitas *grade* C akibat nilai BJ nya rendah meskipun pH susu berada pada kisaran *range* standar. Hal ini mengindikasikan bahwa kadar air pada susu masih terlalu tinggi.

#### 4.5 Pengujian *Grade* Susu

Pengujian *grade* kualitas susu dilakukan di Desa Madu, Mojosongo, Boyolali, Jawa Tengah pada penampungan susu “SINGOSARI” milik swasta. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel pada empat peternak selama 3 hari untuk pemerahan sore hari. Sebelum pengujian sampel, maka dilakukan penyesuaian kualifikasi *grade* pada alat uji dengan standar klasifikasi *grade* dari pihak penampung. Dilakukan dengan mengukur *sample* susu A, B dan C yang dibawa penampung susu. Dimana pada

penampungan ini susu *grade A* berada pada range BJ di atas nilai 1.05, dibawah nilai BJ tersebut susu akan masuk dalam *grade B* jika rasa susu tidak asam (pH standar) atau *grade C* jika rasa susu terlalu asam (pH di bawah standar). Kriteria ini menjadi patokan standar untuk penyesuaian pada software alat uji.



**Gambar 4.6** Proses Uji Kualitas Penampungan Susu “SINGOSARI”

Pengujian *grade* kualitas susu menggunakan alat kualifikator otomatis dibandingkan dengan hasil uji manual oleh penampung susu.



**Gambar 4.7** Kartu Setoran Susu Memuat Jumlah Liter dan *Grade* Susu



Hasil pengujian kualifikasi *grade* kualitas susu secara keseluruhan dapat diamati pada tabel 4.10 berikut.

**Tabel 4.10** Hasil Pengujian Kualitas Penampungan Susu “SINGOSARI”

Pak Pareng Prayogo					
	BJ	pH	Kw (Alat)	Kw (Man)	Hasil
12 Juni	1.07	6.54	A	A	Sesuai
13 Juni	1.12	6.45	A	A	Sesuai
14 Juni	1.2	6.39	A	A	Sesuai
Pak Sardomo					
	BJ	pH	Kw (Alat)	Kw (Man)	Hasil
12 Juni	1.03	6.62	A	B	Tidak Sesuai
13 Juni	0.99	6.48	B	B	Sesuai
14 Juni	1.01	6.5	B	B	Sesuai
Bu Parto (Noval)					
	BJ	pH	Kw (Alat)	Kw (Man)	Hasil
12 Juni	1	6.5	B	B	Sesuai
13 Juni	1.02	6.5	B	B	Sesuai
14 Juni	1.03	6.41	A	B	Tidak Sesuai
Pak Joko (Badriati)					
	BJ	pH	Kw (Alat)	Kw (Man)	Hasil
12 Juni	1.08	6.56	A	A	Sesuai
13 Juni	1.13	6.48	A	A	Sesuai
14 Juni	1.15	6.45	A	A	Sesuai

Dari total 12 kali pengujian, ketidaksesuaian pembacaan terjadi sebanyak 2 kali yaitu pada pengujian 12 Juni susu milik Pak Sardomo dan pada 14 Juni susu milik Bu Parto (Noval). Jika dilihat dari nilai indikator BJ dan pH seharusnya susu tersebut masuk dalam *grade* B. Error pada alat disebabkan karena tidak dilakukan reset terlebih dahulu sebelum pengujian. Hasil kualifikasi *grade* yang terbaca adalah data pengujian sebelumnya.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Metode persamaan garis secara parsial yang diimplementasikan secara software untuk sensor berat *load cell* 5 Kg mampu mereduksi error pada sensor hingga 0.1 %.
2. Pengukuran volume (level) cairan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk range jarak 5 s/d 30 cm menghasilkan rata – rata error sebesar 3%.
3. Prosentase error pada pengukuran pH susu menggunakan sensor pH E-201 sebesar 2%. Dimana range objek terukur pada kisara pH 6 hingga pH 7.
4. Akurasi pengukuran nilai berat jenis menggunakan parameter massa dan volume benda sangat dipengaruhi oleh desain mekanikal timbangan & setting sensor ultrasonik sebagai pengukur volume atau levelnya.
5. Metode pembobotan pada kualifikasi susu menggunakan parameter berat jenis dan pH mampu menghasilkan akurasi pembacaan 100% untuk variasi *grade* yang jumlahnya kurang dari lima.

#### 5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Sistem pembobotan untuk pengujian *grade* dapat dikembangkan lagi agar lebih presisi, semisal menggunakan metode *fuzzy*, JST atau NN sehingga memungkinkan untuk kualifikasi *grade* yang lebih kompleks.
2. Penambahan parameter uji susu berupa kadar lemak, kadar protein, dsb agar fungsi alat uji mampu sama atau mendekati peralatan uji laboratorium.
3. Untuk pengembangan ke dapan, sistem mekanikal didesain lebih sederhana dan *portable*, sehingga mudah digunakan di manapun.

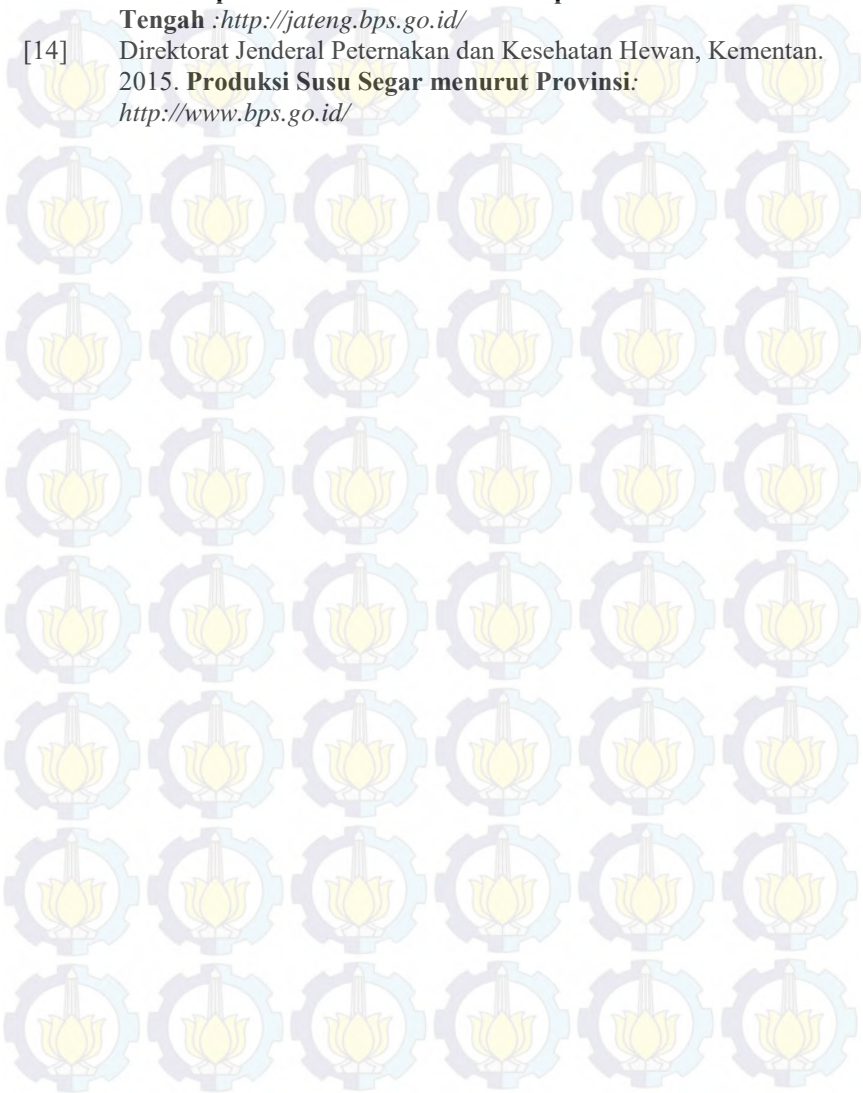
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carr, Joseph. 1993. **Sensors and Circuits**. Prentice Hall: New Jersey.
- [2] Utami, Kartika Budi dkk. 2014. **Kajian kualitas susu sapi perah PFH**. Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan 24(2):58–66 ISSN:0852-35811. Universitas Brawijaya: Fakultas Peternakan.
- [3] Gemechu, Teshome dkk. 2015. **Physical and chemical quality of raw cow's milk produces and marketed in Shashemene Town, Southern Ethiopia**. Journal of Food and Agricultural Science 25A0F9150582. Mizan-Tepi University: Departement of Animal Science.
- [4] Warsito, Pauzi Gurum Ahmad. 2013. **Analisis Pengaruh Massa Jenis terhadap Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit Menggunakan Alat Ukur Massa Jenis dan Akuisisinya pada Komputer**. Universitas Lampung: Prosiding Semirata FMIPA.
- [5] Noorulil A Bayu dkk. **Rancang Bangun Model Mekanik Alat untuk Mengukur Kadar Keasaman Susu Cair, Sari Buah dan Soft Drink**. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS – ITS).
- [6] Atmel Corporation. **Microcontroller AVR ATMEGA16 with 16K Bytes In-System Programmable Flash**. *Datasheet*. Rev.2466 T-AVR-07/10.
- [7] Horn, Jerry dkk. 2006. **Weigh Scale Applications for the MCP3551**. Application Note 1030.
- [8] Avia Semiconductor. **HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales**. *Datasheet*.
- [9] AccuDIY.com. 2011. **HC-SR04 Ultrasonic Range Finder Manual**.
- [10] Tiny Industrial Estate. **Electrode Test Pen Manual**. Kondhwa Budruk, Pune, INDIA. [www.eeplindia.com](http://www.eeplindia.com).
- [11] Electronic Assembly. Zeppelinstraße 19. **EA DIP162-D Manual**. [www.lcd-module.de](http://www.lcd-module.de)
- [12] Standar Naional Indonesia, 2011. **SNI 3141.1:2011 Persyaratan Mutu Susu Segar** : <http://sisni.bsn.go.id/>



[13] Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Provinsi Jawa Tengah.  
2013. **Populasi Ternak Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah** :<http://jateng.bps.go.id/>

[14] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementan.  
2015. **Produksi Susu Segar menurut Provinsi**:  
<http://www.bps.go.id/>



## LAMPIRAN

### Program Pada Mikrokontroler

```
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 12000000

Config Lcdpin = Pin , Rs = Portc.7 , E = Portc.5 , Db4 = Portc.3
Config Lcdpin = Pin , Db5 = Portc.2 , Db6 = Portc.1 , Db7 = Portc.0
Config Lcd = 16 * 2
Config Timer0 = Timer , Prescale = 256 'timer HC SR-04
'----- Config ADC pH -----
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Start Adc
'----- HC SR-04 -----
Config Portb.0 = Output
Config Pinb.1 = Input

Pintrig Alias Portb.0
Pinecho Alias Pinb.1
'----- Load Cell-----
Config Portb.3 = Output
Config Pinb.2 = Input

Pinsck Alias Portb.3
Pindt Alias Pinb.2
'----- Input Tombol-----
Ddrb.4 = 0
Set Portb.4
Ddrd.0 = 0
Set Portd.0
Declare Sub Cek_jarak

'----- variabel Parameter -----
```

*Dim Data\_jarak As Word*

*Dim Data\_jarak\_olah As Word*

*Dim Data\_jarak\_fix As Single*

*Dim Count As Long*

*Dim I As Byte*

*Dim Hx711\_read As Long*

*Dim Hx711 As String \* 10*

*Dim Datafix As Integer*

*Dim Data\_tera As Integer*

*Dim Nilai\_beratx As Integer*

*Dim Nilai\_berat As Single*

*'----- variabel Hasil -----*

*Dim Nilai\_volume As Single*

*Dim Nilai\_bj As Single*

*Dim Dataadc As Word*

*Dim Nilai\_ph As Single*

*'----- variabel kualitas -----*

*Dim Bobot\_ph As Single*

*Dim Bobot\_bj As Single*

*Dim Kualitas As Integer*

*Dim Kualitas\_char As String \* 10*

*Cls*

*Cursor Off*

*'----- Tampilan Awal -----*

*Main:*

*Wait 1*

*Do*

*Upperline*

*Lcd "KUALIFIKATOR SUSU SAPI"*

*Lowerline*

*Lcd "TEKNIK ELEKTRO ITS"*

*Shiftlcd Left*

*Waitms 250*



*If Pinb.4 = 0 Then*

*Waitms 200*

*Cls*

*Goto Uji*

*End If*

*Loop*

*'----- Uji Nilai -----*

*Uji:*

*Wait 1*

*Do*

*If Pinb.4 = 0 Then*

*Waitms 200*

*Cls*

*Goto Main*

*End If*

*'----- Nilai Berat -----*

*Pindt = 1*

*Pinsck = 0*

*Count = 0*

*While Pindt = 1*

*Wend*

*For I = 1 To 24*

*Pinsck = 1*

*Shift Count , Left , 1*

*Pinsck = 0*

*If Pindt = 1 Then Incr Count*

*Next*

*Pinsck = 1*

*Count = Count Xor &H800000*

*Pinsck = 0*

*Hx711\_read = Count*

*Hx711 = Str(hx711\_read)*

*Hx711 = Left(hx711 , 4)*

*Datafix = Val(hx711)*

*If Pind.0 = 0 Then*

*'Setting Nol timbangan (Tera)*

*Cls*

*Data\_tera = Datafix - 8587*

*End If*

*Nilai\_beratx = Datafix - Data\_tera*

*'Nilai Berat Penyesuaian*

*Nilai\_berat = 2.3876 \* Nilai\_beratx*

*'Nilai Kalibrasi load cell y = 2.3876x - 20503*

*Nilai\_berat = Nilai\_berat - 20503*

*' Toleransi Eror*

*Nilai\_berat = Nilai\_berat + 1.98*

*If Nilai\_berat < 1.5 Then*

*Nilai\_berat = 0*

*End If*

*----- Nilai Volume -----*

*Call Cek\_jarak*

*Data\_jarak = Data\_jarak*

*Data\_jarak\_olah = Data\_jarak \* 100*

*Data\_jarak\_fix = Data\_jarak\_olah / 256*

*Nilai\_volume = -54.131 \* Data\_jarak\_fix*

*'Linierisasi Sensor HC.SR-04 y = -54.131x + 934.41*

*Nilai\_volume = Nilai\_volume + 934.41*

*----- Nilai pH -----*

*Dataadc = Getadc(1)*

*Nilai\_ph = -0.0212 \* Dataadc*

*'Linierisasi sensor pH y = -0.0212x + 19.921*

*Nilai\_ph = Nilai\_ph + 19.921*

*----- Nilai Nilai BJ -----*

*Nilai\_bj = Nilai\_berat / Nilai\_volume*

*----- Pembobotan -----*

*If Nilai\_ph >= 6.4 And Nilai\_ph <= 6.7 Then*

*Bobot\_ph = 4*

*End If*

*If Nilai\_ph >= 6.8 And Nilai\_ph <= 7.1 Then*

```

    Bobot_ph = 3
End If
If Nilai_ph >= 6.1 And Nilai_ph <= 6.3 Then
    Bobot_ph = 3
End If
If Nilai_ph >= 7.2 And Nilai_ph <= 7.7 Then
    Bobot_ph = 2
End If
If Nilai_ph >= 5.0 And Nilai_ph <= 6.3 Then
    Bobot_ph = 1
End If
If Nilai_ph >= 7.7 Then
    Bobot_ph = 1
End If
If Nilai_bj >= 1.028 And Nilai_bj <= 1.031 Then
    Bobot_bj = 4
End If
If Nilai_bj >= 1.026 And Nilai_bj <= 1.027 Then
    Bobot_bj = 3
End If
If Nilai_bj >= 1.024 And Nilai_bj <= 1.025 Then
    Bobot_bj = 2
End If
If Nilai_bj >= 1.032 And Nilai_bj <= 1.024 Then
    Bobot_bj = 1
End If

Kualitas = Bobot_ph + Bobot_bj

If Kualitas > 6 And Kualitas < 11 Then
    Kualitas_char = "A"
End If
If Kualitas > 4 And Kualitas < 7 Then
    Kualitas_char = "B"

```



```

End If
If Kualitas > 1 And Kualitas < 5 Then
    Kualitas_char = "C"
End If

Upperline
Lcd " BJ:" ; Fusing(nilai_bj, "#.##") ; " pH:" ; Nilai_ph
Lowerline
Lcd "  Kualitas:" ; Kualitas_char
Waitms 200
Loop
Sub Cek_jarak:
    Reset Pintrig
    Waitus 10
    Set Pintrig
    Waitus 20
    Reset Pintrig
    Tcnt0 = 0
    Bitwait Pinecho , Set
    Start Timer0

Do
    If Pinecho = 0 Then
        Data_jarak = Tcnt0
        Stop Timer0
    Exit Do
End If

If Tifr.0 = 1 Then
    Stop Timer0
    Tifr.0 = 1
    Data_jarak = &HFF
    Exit Do

```

```
End If
Loop=
Stop Timer0
Waitms 15
End Sub
```





## Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 16 Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 512 Bytes EEPROM
  - 1 Kbyte Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7V - 5.5V for ATmega16L
  - 4.5V - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega16L
  - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
  - Active: 1.1 mA
  - Idle Mode: 0.35 mA
  - Power-down Mode: < 1 µA



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**Microcontroller**  
**with 16K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

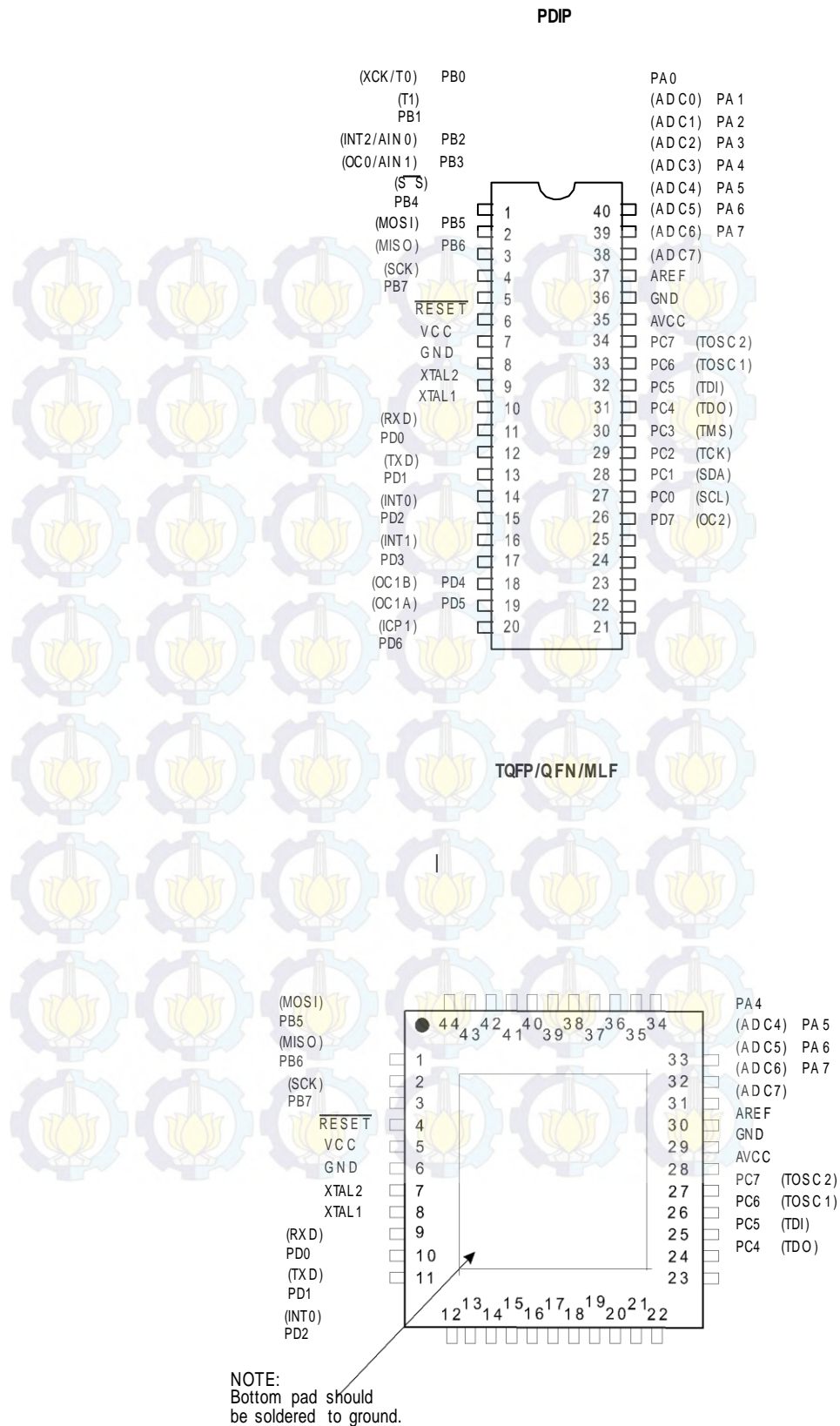
**ATmega16**  
**ATmega16L**

Rev. 2466T-AVR-07/10



## Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega16

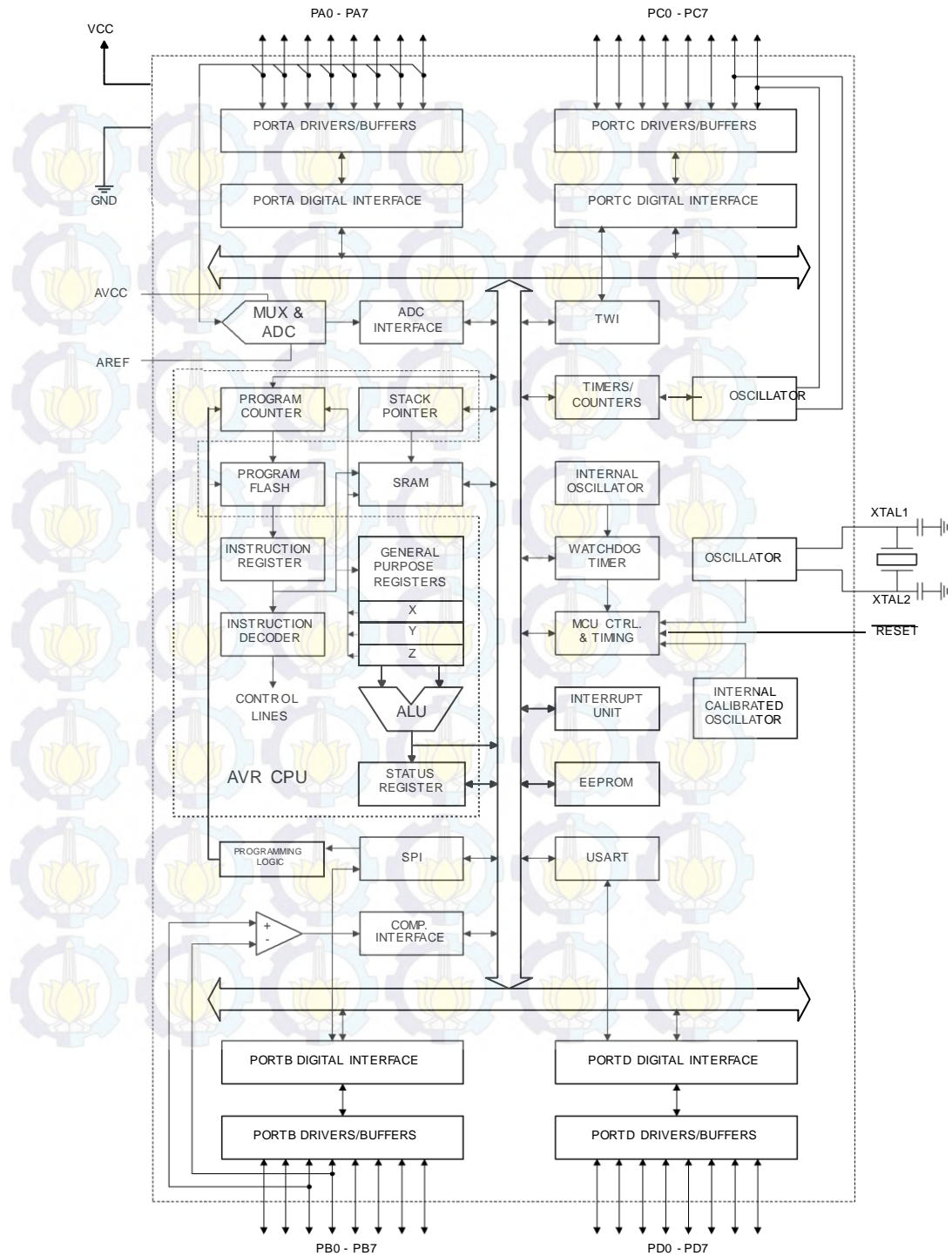


## Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16 Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1 Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

## Pin Descriptions

VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>

## Port B (PB7..PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on [page 58](#).

## Port C (PC7..PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on [page 61](#).

## Port D (PD7..PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on [page 63](#).

## RESET

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in [Table 15 on page 38](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

## XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

## XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

## AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to  $V_{CC}$ , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to  $V_{CC}$  through a low-pass filter.

## AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

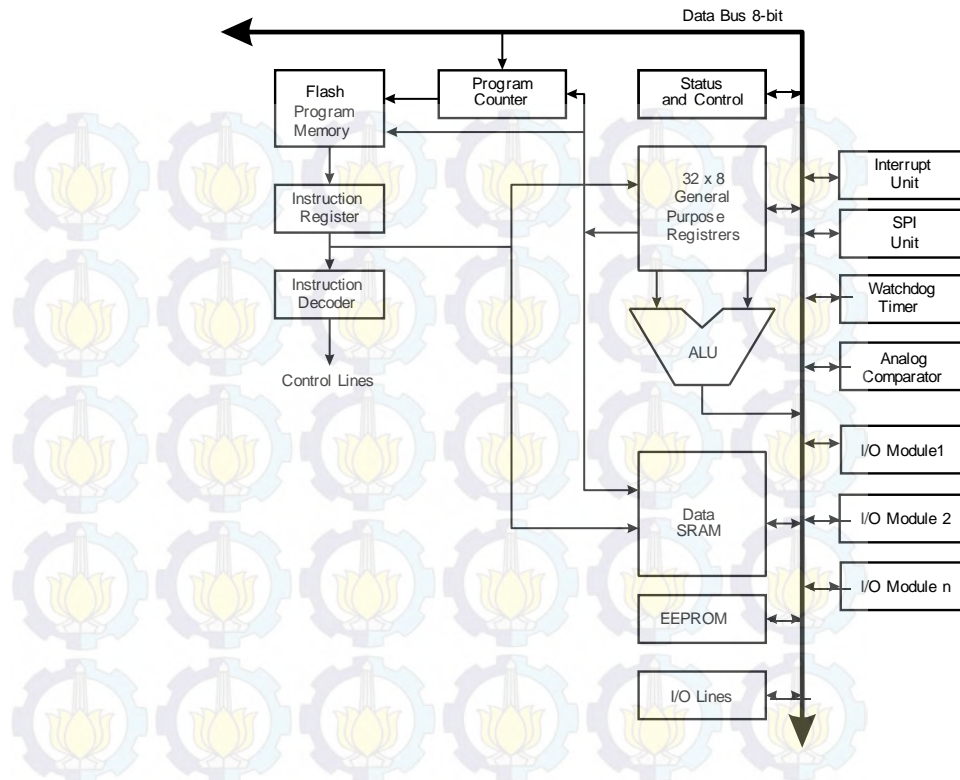
## AVR CPU Core

### Introduction

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

### Architectural Overview

**Figure 3.** Block Diagram of the AVR MCU Architecture



In order to maximize performance and parallelism, the AVR uses a Harvard architecture – with separate memories and buses for program and data. Instructions in the program memory are executed with a single level pipelining. While one instruction is being executed, the next instruction is pre-fetched from the program memory. This concept enables instructions to be executed in every clock cycle. The program memory is In-System Reprogrammable Flash memory.

The fast-access Register File contains 32 x 8-bit general purpose working registers with a single clock cycle access time. This allows single-cycle Arithmetic Logic Unit (ALU) operation. In a typical ALU operation, two operands are output from the Register File, the operation is executed, and the result is stored back in the Register File – in one clock cycle.

Six of the 32 registers can be used as three 16-bit indirect address register pointers for Data Space addressing – enabling efficient address calculations. One of these address pointers can also be used as an address pointer for look up tables in Flash Program memory. These added function registers are the 16-bit X-register, Y-register, and Z-register, described later in this section.

The ALU supports arithmetic and logic operations between registers or between a constant and a register. Single register operations can also be executed in the ALU. After an arithmetic operation, the Status Register is updated to reflect information about the result of the operation.



Program flow is provided by conditional and unconditional jump and call instructions, able to directly address the whole address space. Most AVR instructions have a single 16-bit word format. Every program memory address contains a 16-bit or 32-bit instruction.

Program Flash memory space is divided in two sections, the Boot program section and the Application Program section. Both sections have dedicated Lock bits for write and read/write protection. The SPM instruction that writes into the Application Flash memory section must reside in the Boot Program section.

During interrupts and subroutine calls, the return address Program Counter (PC) is stored on the Stack. The Stack is effectively allocated in the general data SRAM, and consequently the Stack size is only limited by the total SRAM size and the usage of the SRAM. All user programs must initialize the SP in the reset routine (before subroutines or interrupts are executed). The Stack Pointer SP is read/write accessible in the I/O space. The data SRAM can easily be accessed through the five different addressing modes supported in the AVR architecture.

The memory spaces in the AVR architecture are all linear and regular memory maps.

A flexible interrupt module has its control registers in the I/O space with an additional global interrupt enable bit in the Status Register. All interrupts have a separate interrupt vector in the interrupt vector table. The interrupts have priority in accordance with their interrupt vector position. The lower the interrupt vector address, the higher the priority.

The I/O memory space contains 64 addresses for CPU peripheral functions as Control Registers, SPI, and other I/O functions. The I/O Memory can be accessed directly, or as the Data Space locations following those of the Register File, \$20 - \$5F.

## ALU – Arithmetic Logic Unit

The high-performance AVR ALU operates in direct connection with all the 32 general purpose working registers. Within a single clock cycle, arithmetic operations between general purpose registers or between a register and an immediate are executed. The ALU operations are divided into three main categories – arithmetic, logical, and bit-functions. Some implementations of the architecture also provide a powerful multiplier supporting both signed/unsigned multiplication and fractional format. See the “Instruction Set” section for a detailed description.

## Status Register

The Status Register contains information about the result of the most recently executed arithmetic instruction. This information can be used for altering program flow in order to perform conditional operations. Note that the Status Register is updated after all ALU operations, as specified in the Instruction Set Reference. This will in many cases remove the need for using the dedicated compare instructions, resulting in faster and more compact code.

The Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine and restored when returning from an interrupt. This must be handled by software.

The AVR Status Register – SREG – is defined as:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

### • Bit 7 – I: Global Interrupt Enable

The Global Interrupt Enable bit must be set for the interrupts to be enabled. The individual interrupt enable control is then performed in separate control registers. If the Global Interrupt Enable Register is cleared, none of the interrupts are enabled independent of the individual interrupt enable settings. The I-bit is cleared by hardware after an interrupt has occurred, and is set by the RETI instruction to enable subsequent interrupts. The I-bit can also be set and cleared by the application with the SEI and CLI instructions, as described in the instruction set reference.

- **Bit 6 – T: Bit Copy Storage**

The Bit Copy instructions BLD (Bit Load) and BST (Bit Store) use the T-bit as source or destination for the operated bit. A bit from a register in the Register File can be copied into T by the BST instruction, and a bit in T can be copied into a bit in a register in the Register File by the BLD instruction.

- **Bit 5 – H: Half Carry Flag**

The Half Carry Flag H indicates a Half Carry in some arithmetic operations. Half Carry is useful in BCD arithmetic. See the “Instruction Set Description” for detailed information.

- **Bit 4 – S: Sign Bit,  $S = N \oplus V$**

The S-bit is always an exclusive or between the Negative Flag N and the Two's Complement Overflow Flag V. See the “Instruction Set Description” for detailed information.

- **Bit 3 – V: Two's Complement Overflow Flag**

The Two's Complement Overflow Flag V supports two's complement arithmetics. See the “Instruction Set Description” for detailed information.

- **Bit 2 – N: Negative Flag**

The Negative Flag N indicates a negative result in an arithmetic or logic operation. See the “Instruction Set Description” for detailed information.

- **Bit 1 – Z: Zero Flag**

The Zero Flag Z indicates a zero result in an arithmetic or logic operation. See the “Instruction Set Description” for detailed information.

- **Bit 0 – C: Carry Flag**

The Carry Flag C indicates a carry in an arithmetic or logic operation. See the “Instruction Set Description” for detailed information.

## AVR ATmega16 Memories

This section describes the different memories in the ATmega16. The AVR architecture has two main memory spaces, the Data Memory and the Program Memory space. In addition, the ATmega16 features an EEPROM Memory for data storage. All three memory spaces are linear and regular.

## In-System Reprogrammable Flash Program Memory

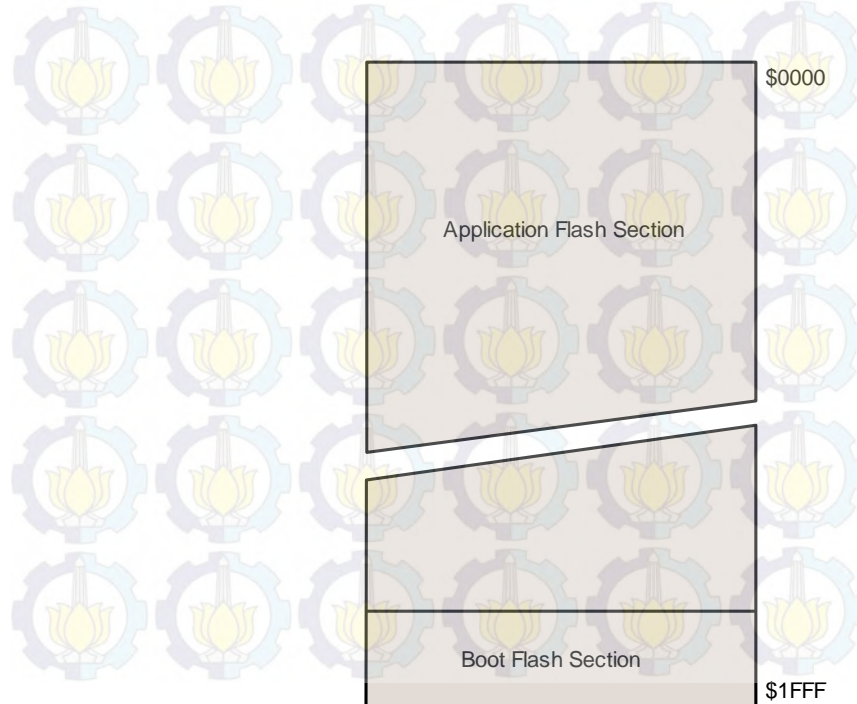
The ATmega16 contains 16 Kbytes On-chip In-System Reprogrammable Flash memory for program storage. Since all AVR instructions are 16 or 32 bits wide, the Flash is organized as 8K x 16. For software security, the Flash Program memory space is divided into two sections, Boot Program section and Application Program section.

The Flash memory has an endurance of at least 10,000 write/erase cycles. The ATmega16 Program Counter (PC) is 13 bits wide, thus addressing the 8K program memory locations. The operation of Boot Program section and associated Boot Lock bits for software protection are described in detail in [“Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming” on page 246](#). [“Memory Programming” on page 259](#) contains a detailed description on Flash data serial downloading using the SPI pins or the JTAG interface.

Constant tables can be allocated within the entire program memory address space (see the LPM – Load Program Memory Instruction Description).

Timing diagrams for instruction fetch and execution are presented in [“Instruction Execution Timing” on page 13](#).

**Figure 8.** Program Memory Map





## SRAM Data Memory

Figure 9 shows how the ATmega16 SRAM Memory is organized.

The lower 1120 Data Memory locations address the Register File, the I/O Memory, and the internal data SRAM. The first 96 locations address the Register File and I/O Memory, and the next 1024 locations address the internal data SRAM.

The five different addressing modes for the data memory cover: Direct, Indirect with Displacement, Indirect, Indirect with Pre-decrement, and Indirect with Post-increment. In the Register File, registers R26 to R31 feature the indirect addressing pointer registers.

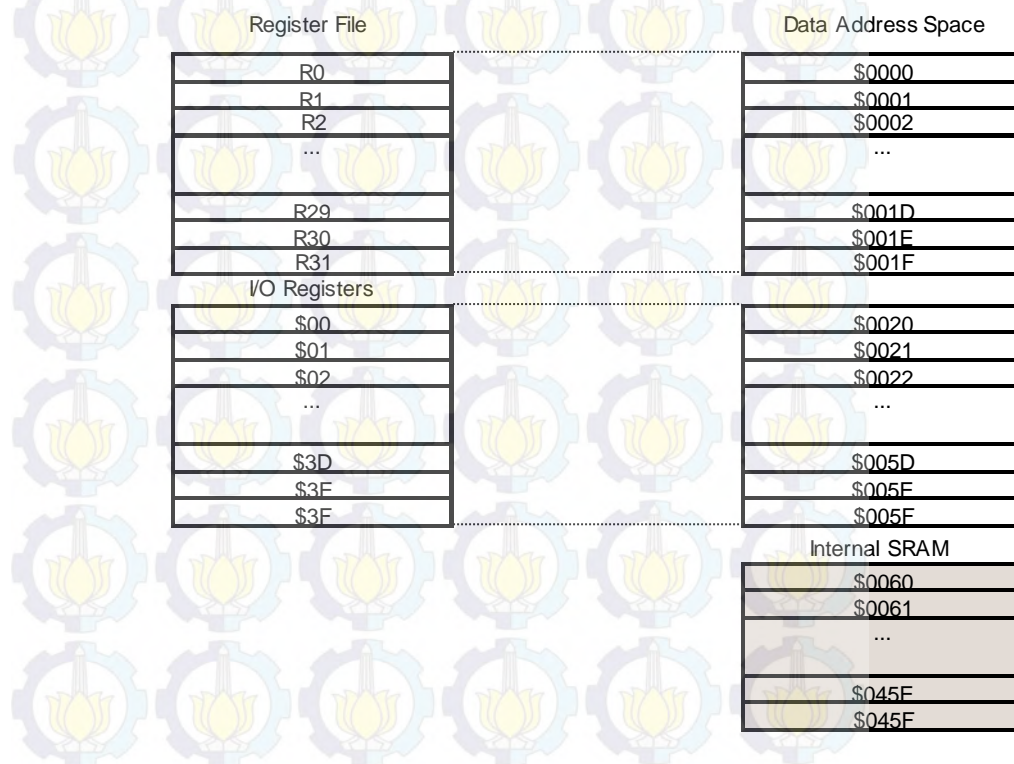
The direct addressing reaches the entire data space.

The Indirect with Displacement mode reaches 63 address locations from the base address given by the Y-register or Z-register.

When using register indirect addressing modes with automatic pre-decrement and post-increment, the address registers X, Y, and Z are decremented or incremented.

The 32 general purpose working registers, 64 I/O Registers, and the 1024 bytes of internal data SRAM in the ATmega16 are all accessible through all these addressing modes. The Register File is described in "General Purpose Register File" on page 11.

**Figure 9.** Data Memory Map



# KA78XX/KA78XXA

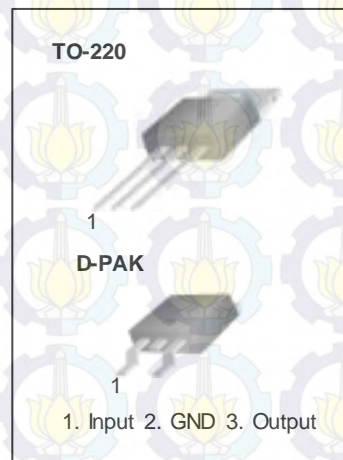
## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

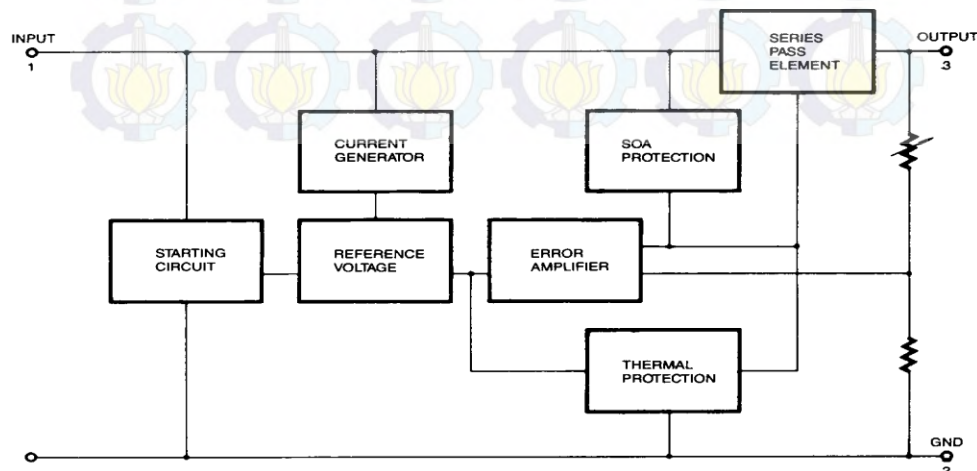
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



### Internal Block Diagram



## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$ ) (for $V_O = 24V$ )	$V_I$	35	V
	$V_I$	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range (KA78XX/A/R)	$T_{OPR}$	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

## Electrical Characteristics (KA7805/KA7805R)

(Refer to test circuit ,  $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$ ,  $I_O = 500mA$ ,  $V_I = 10V$ ,  $C_F = 0.33\mu F$ ,  $C_O = 0.1\mu F$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7805			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Output Voltage	$V_O$	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$ , $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$		-	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$		-	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$		-	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$		-	
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3	
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$
Output Noise Voltage	$V_N$	$f = 10Hz$ to $100KHz$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB
Dropout Voltage	$V_{Drop}$	$I_O = 1A$ , $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V
Output Resistance	$r_O$	$f = 1KHz$	-	15	-	$m\Omega$
Short Circuit Current	$I_{SC}$	$V_I = 35V$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA
Peak Current	$I_{PK}$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A

### Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.



Typical Performance Characteristics

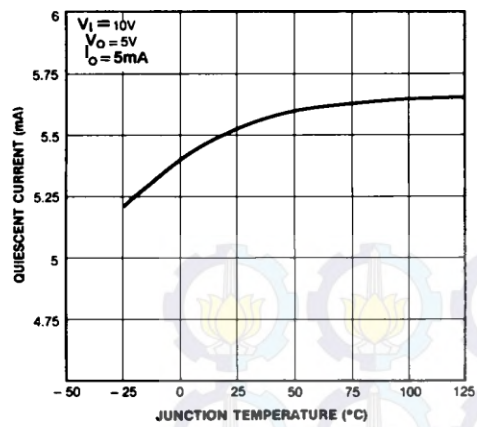


Figure 1. Quiescent Current

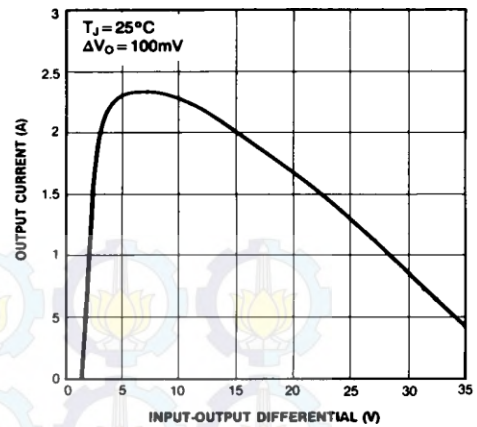


Figure 2. Peak Output Current

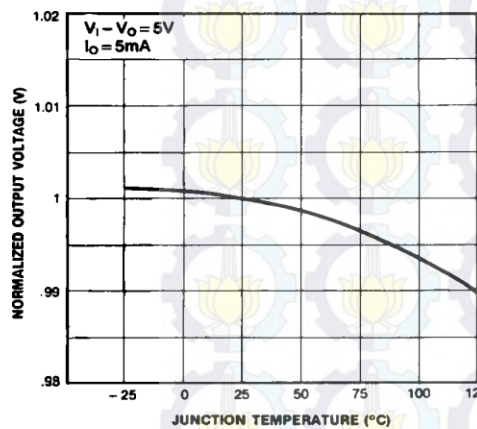


Figure 3. Output Voltage

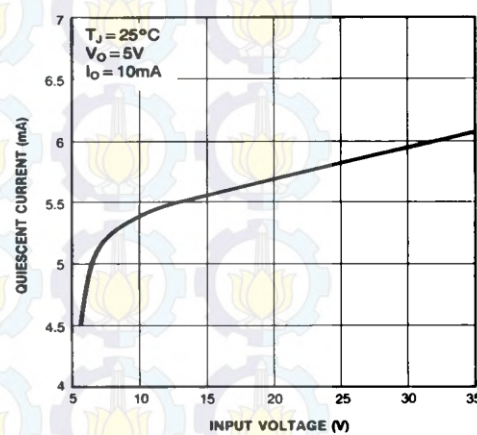


Figure 4. Quiescent Current

## Typical Applications

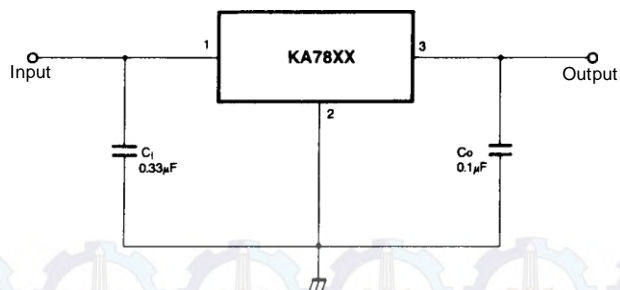


Figure 5. DC Parameters

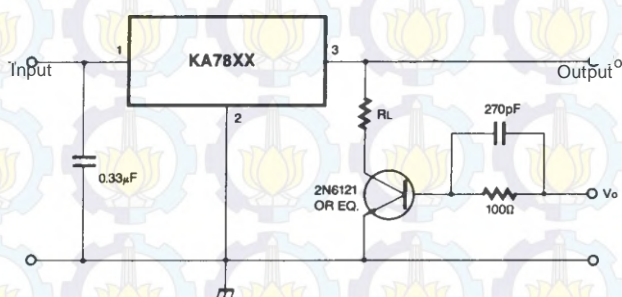


Figure 6. Load Regulation

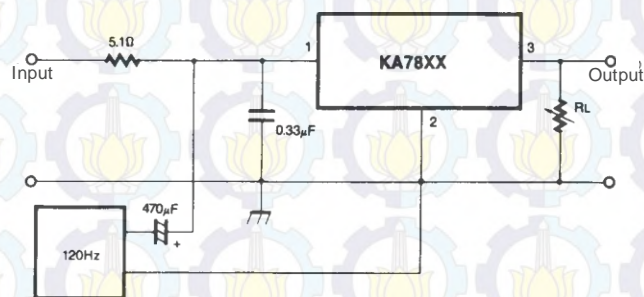


Figure 7. Ripple Rejection

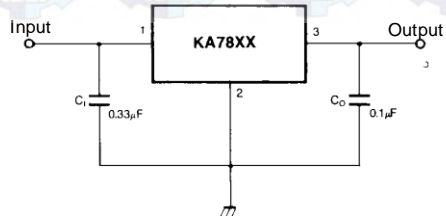
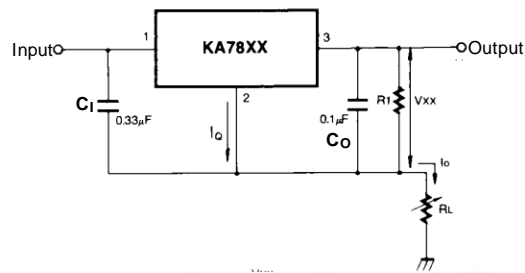


Figure 8. Fixed Output Regulator

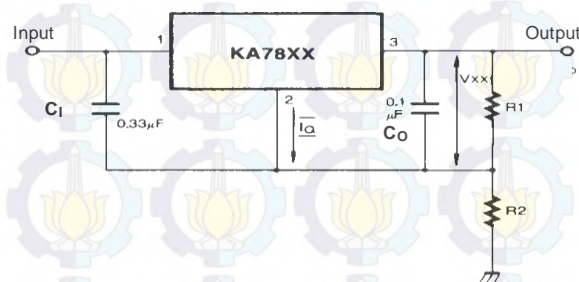


$$I_o = \frac{V_{XX}}{R_1} + I_Q$$

Figure 9. Constant Current Regulator

**Notes:**

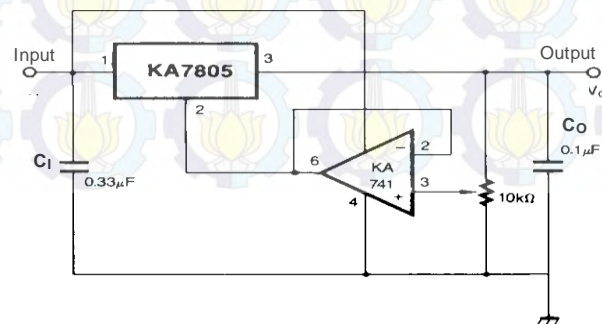
- (1) To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX." A common ground is required between the input and the Output voltage. The input voltage must remain typically 2.0V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.
- (2) C<sub>1</sub> is required if regulator is located an appreciable distance from power Supply filter.
- (3) C<sub>0</sub> improves stability and transient response.



$$I_{R1} \geq 5I_Q$$

$$V_O = V_{XX}(1+R_2/R_1) + I_Q R_2$$

Figure 10. Circuit for Increasing Output Voltage



$$I_{R1} \geq 5I_Q$$

$$V_O = V_{XX}(1+R_2/R_1) + I_Q R_2$$

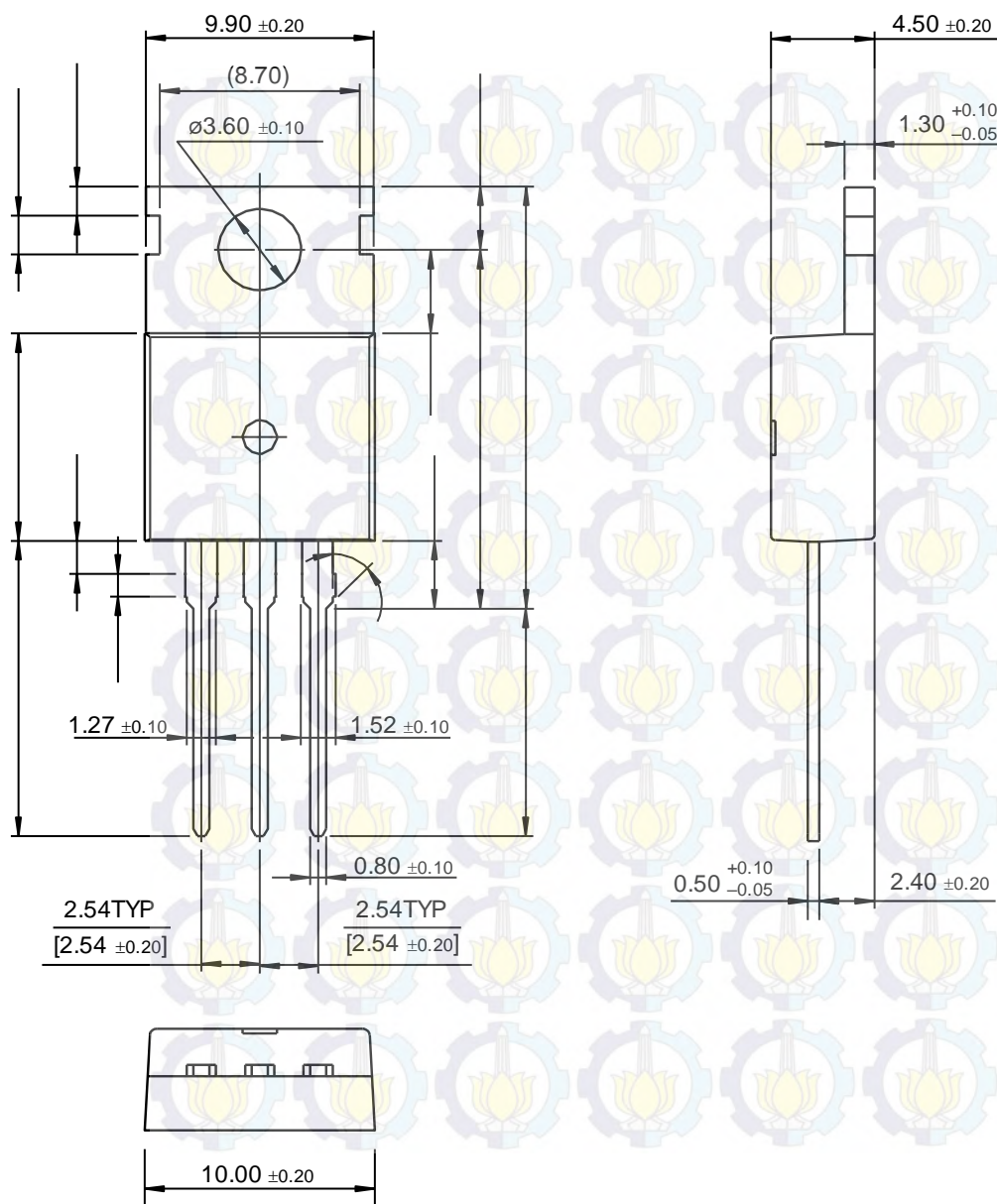
Figure 11. Adjustable Output Regulator (7 to 30V)

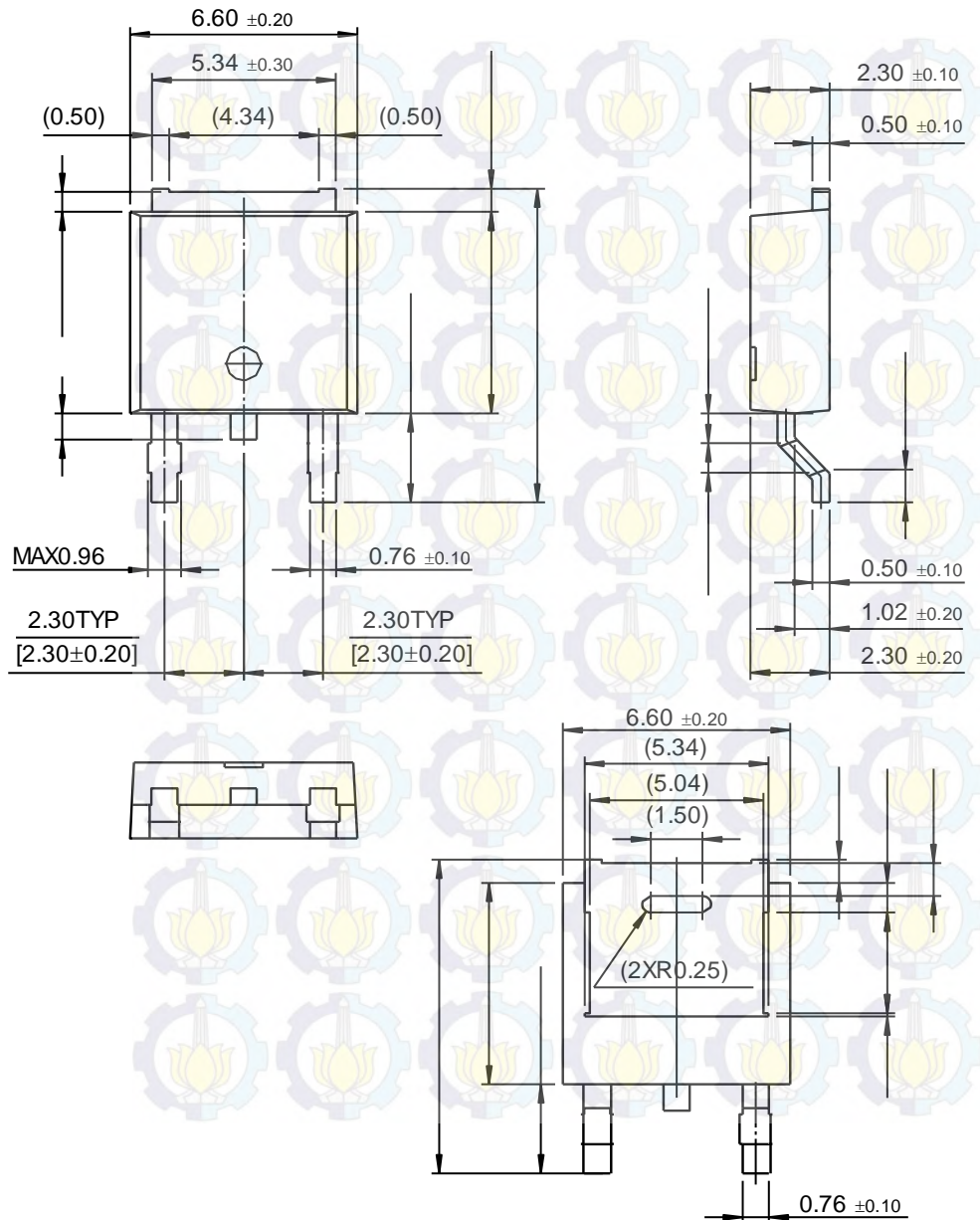


## Mechanical Dimensions

### Package

## TO-220



**Mechanical Dimensions** (Continued)**Package****D-PAK**

## Ordering Information

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
KA7805 / KA7806	±4%	TO-220	0 ~ + 125°C
KA7808 / KA7809			
KA7810			
KA7812 / KA7815			
KA7818 / KA7824			
KA7805A / KA7806A	±2%	TO-220	0 ~ + 125°C
KA7808A / KA7809A			
KA7810A / KA7812A			
KA7815A / KA7818A			
KA7824A	±4%	D-PAK	0 ~ + 125°C
KA7805R / KA7806R			
KA7808R / KA7809R			
KA7812R			



# Datasheet

## Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635



---

### Contents

- 1 What do you have to know?
  - 1 How does it work - For curious people
  - 1 Installation
  - 2 Calibration
  - 2 Product Specifications
  - 3 Glossary
- 

### What do you have to know?

A load cell is a force sensing module - a carefully designed metal structure, with small elements called strain gauges mounted in precise locations on the structure. Load cells are designed to measure a specific force, and ignore other forces being applied. The electrical signal output by the load cell is very small and requires specialized amplification. Fortunately, **the 1046 PhidgetBridge will perform all the amplification and measurement of the electrical output.**

Load cells are designed to measure force in one direction. They will often measure force in other directions, but the sensor sensitivity will be different, since parts of the load cell operating under compression are now in tension, and vice versa.

### How does it work - For curious people

Strain-gauge load cells convert the load acting on them into electrical signals. The measuring is done with very small resistor patterns called strain gauges - effectively small, flexible circuit boards. The gauges are bonded onto a beam or structural member that deforms when weight is applied, in turn deforming the strain-gauge. As the strain gauge is deformed, its electrical resistance changes in proportion to the load.

The changes to the circuit caused by force is much smaller than the changes caused by variation in temperature. Higher quality load cells cancel out the effects of temperature using two techniques. By matching the expansion rate of the strain gauge to the expansion rate of the metal it's mounted on, undue strain on the gauges can be avoided as the load cell warms up and cools down. The most important method of temperature compensation involves using multiple strain gauges, which all respond to the change in temperature with the same change in resistance. Some load cell designs use gauges which are never subjected to any force, but only serve to counterbalance the temperature effects on the gauges that measuring force. Most designs use 4 strain gauges, some in compression, some under tension, which maximizes the sensitivity of the load cell, and automatically cancels the effect of temperature.

### Installation

This Single Point Load Cell is used in small jewelry scales and kitchen scales. It's mounted by bolting down the end of the load cell where the wires are attached, and applying force on the other end **in the direction of the arrow**. Where the force is applied is not critical, as this load cell measures a shearing effect on the beam, not the bending of the beam. If you mount a small platform on the load cell, as would be done in a small scale, this load cell provides accurate readings regardless of the position of the load on the platform.



# Calibration

You can use this simple formula to convert the measured mv/V output from the load cell to the measured force:

$$\text{Expected Force/Weight} = K * (\text{Measured mV/V} - \text{Offset})$$

Where K is gain value that will change depending on what unit of force or weight you want to measure. Since the offset varies between individual load cells, it's necessary to measure it for each sensor. Record the output of the load cell at rest on a flat surface with no force on it. The mv/V output measured by the PhidgetBridge is the offset.

Once you've found the offset, measure something with a known weight and solve the equation for K. You can also calibrate the load cell at multiple known weights and use these points to model a linear function.

Product Specifications	
<b>Mechanical</b>	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	5kg
Dimensions	55.25x12.7x12.7mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	550mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
<b>Electrical</b>	
Precision	0.05%
Rated Output	1.0±0.15 mv/V
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Repeatability	0.05% FS
Creep (per 30 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.05% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS
Zero Balance	±1.5% FS
Input Impedance	1130±10 Ohm
Output Impedance	1000±10 Ohm
Insulation Resistance (Under 50VDC)	≥5000 MOhm
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to ~+40°C
Operating Temperature Range	-20 to ~+55°C
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity



# Glossary

## Capacity

The maximum load the load cell is designed to measure within its specifications.

## Creep

The change in sensor output occurring over 30 minutes, while under load at or near capacity and with all environmental conditions and other variables remaining constant.

## FULL SCALE or FS

Used to qualify error - FULL SCALE is the change in output when the sensor is fully loaded. If a particular error (for example, Non-Linearity) is expressed as 0.1% F.S., and the output is 1.0mV/V, the maximum non-linearity that will be seen over the operating range of the sensor will be 0.001 mV/V. An important distinction is that this error doesn't have to only occur at the maximum load. If you are operating the sensor at a maximum of 10% of capacity, for this example, the non-linearity would still be 0.001mV/V, or 1% of the operating range that you are actually using.

## Hysteresis

If a force equal to 50% of capacity is applied to a load cell which has been at no load, a given output will be measured. The same load cell is at full capacity, and some of the force is removed, resulting in the load cell operating at 50% capacity. The difference in output between the two test scenarios is called hysteresis.

## Excitation Voltage

Specifies the voltage that can be applied to the power/ground terminals on the load cell. In practice, if you are using the load cell with the PhidgetBridge, you don't have to worry about this spec.

## Input Impedance

Determines the power that will be consumed by the load cell. The lower this number is, the more current will be required, and the more heating will occur when the load cell is powered. In very noisy environments, a lower input impedance will reduce the effect of Electromagnetic interference on long wires between the load cell and PhidgetBridge.

## Insulation Resistance

The electrical resistance measured between the metal structure of the load cell, and the wiring. The practical result of this is the metal structure of the load cells should not be energized with a voltage, particularly higher voltages, as it can arc into the PhidgetBridge. Commonly the load cell and the metal framework it is part of will be grounded to earth or to your system ground.

## Maximum Overload

The maximum load which can be applied without producing a structural failure.

## Non-Linearity

Ideally, the output of the sensor will be perfectly linear, and a simple 2-point calibration will exactly describe the behaviour of the sensor at other loads. In practice, the sensor is not perfect, and Non-linearity describes the maximum deviation from the linear curve. Theoretically, if a more complex calibration is used, some of the non-linearity can be calibrated out, but this will require a very high accuracy calibration with multiple points.

## Non-Repeatability

The maximum difference the sensor will report when exactly the same weight is applied, at the same temperature, over multiple test runs.

## Operating Temperature

The extremes of ambient temperature within which the load cell will operate without permanent adverse change to any of its performance characteristics.

## Output Impedance

Roughly corresponds to the input impedance. If the Output Impedance is very high, measuring the bridge will distort the results. The PhidgetBridge carefully buffers the signals coming from the load cell, so in practice this is not a concern.

## Rated Output

Is the difference in the output of the sensor between when it is fully loaded to its rated capacity, and when it's unloaded. Effectively, it's how sensitive the sensor is, and corresponds to the gain calculated when calibrating the sensor. More expensive sensors have an exact rated output based on an individual calibration done at the factory.



**Safe Overload**

The maximum axial load which can be applied without producing a permanent shift in performance characteristics beyond those specified.

**Compensated Temperature**

The range of temperature over which the load cell is compensated to maintain output and zero balance within specified limits.

**Temperature Effect on Span**

Span is also called rated output. This value is the change in output due to a change in ambient temperature. It is measured over 10 degree C temperature interval.

**Temperature Effect on Zero**

The change in zero balance due to a change in ambient temperature. This value is measured over 10 degree C temperature interval.

**Zero Balance**

Zero Balance defines the maximum difference between the +/- output wires when no load is applied. Realistically, each sensor will be individually calibrated, at least for the output when no load is applied. Zero Balance is more of a concern if the load cell is being interfaced to an amplification circuit - the PhidgetBridge can easily handle enormous differences between +/- . If the difference is very large, the PhidgetBridge will not be able to use the higher Gain settings.



## 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

### DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

### FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
  - normal operation  $< 1.5\text{mA}$ , power down  $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range:  $2.6 \sim 5.5\text{V}$
- Operation temperature range:  $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

### APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

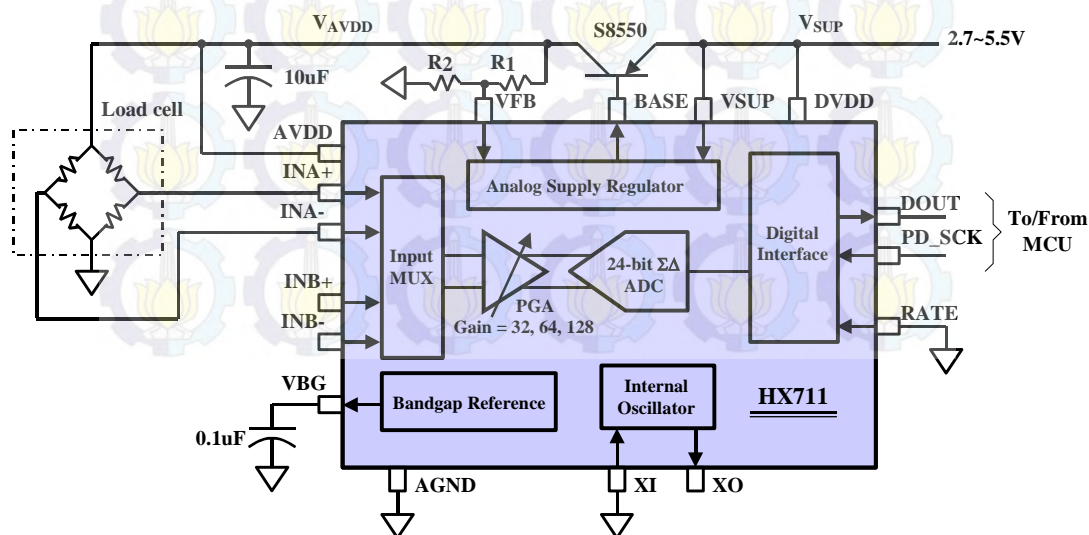


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

## Pin Description

Regulator Power	VSUP	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	BASE	2	15	RATE	Output Data Rate Control Input
Analog Power	AVDD	3	14	XI	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	13	XO	Crystal I/O
Analog Ground	AGND	5	12	DOUT	Serial Data Output
Reference Bypass	VBG	6	11	PD_SCK	Power Down and Serial Clock Input
Ch. A Negative Input	INNA	7	10	INPB	Ch. B Positive Input
Ch. A Positive Input	INPA	8	9	INNB	Ch. B Negative Input

SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description



## KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)	$\pm 0.5(AVDD/GAIN)$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{clk}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{clk}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFFF	HEX
Output settling time <sup>(1)</sup>	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		$\pm 6$		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		$\pm 5$		ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V <sub>BG</sub> )			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μA
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

**Table 2 Key Electrical Characteristics**

## Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is  $\pm 80\text{mV}$ , when 5V supply is used at the AVDD pin.

## Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to  $V_{AVDD} = V_{BG} * (R1 + R2) / R1$  (Fig. 1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1uF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

## Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

## Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80 SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24 bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

## Serial Interface

Pin PD\_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD\_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25~27 positive clock pulses at the PD\_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD\_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25<sup>th</sup> pulse at PD\_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection is controlled by the number of the input PD\_SCK pulses (Table 3). PD\_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

**Table 3 Input Channel and Gain Selection**

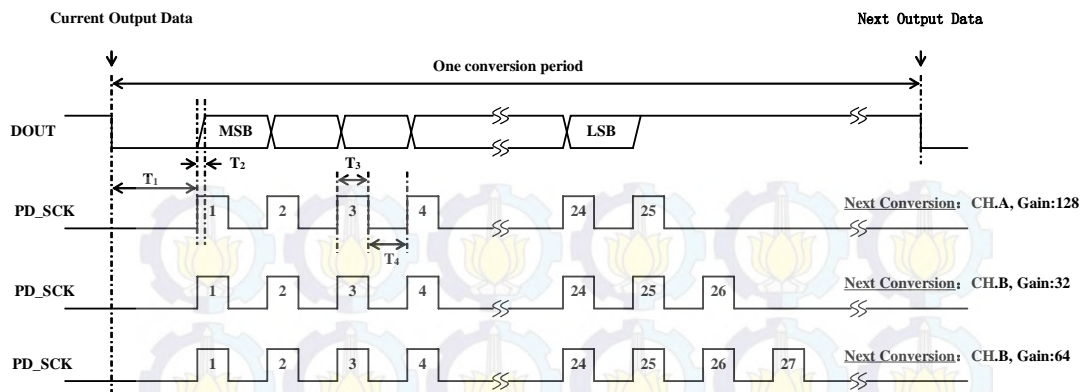


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T <sub>1</sub>	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T <sub>2</sub>	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T <sub>3</sub>	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T <sub>4</sub>	PD_SCK low time	0.2	1		μs

### Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on rest circuitry will reset the chip.

Pin PD\_SCK input is used to power down the HX711. When PD\_SCK Input is low, chip is in normal working mode.

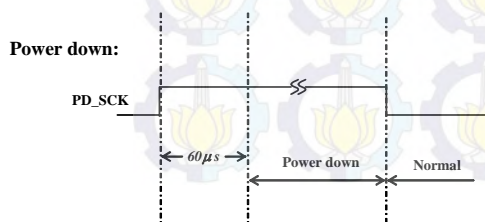


Fig.3 Power down control

When PD\_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be

powered down. When PD\_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

### Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.



## Reference PCB Board (Single Layer)

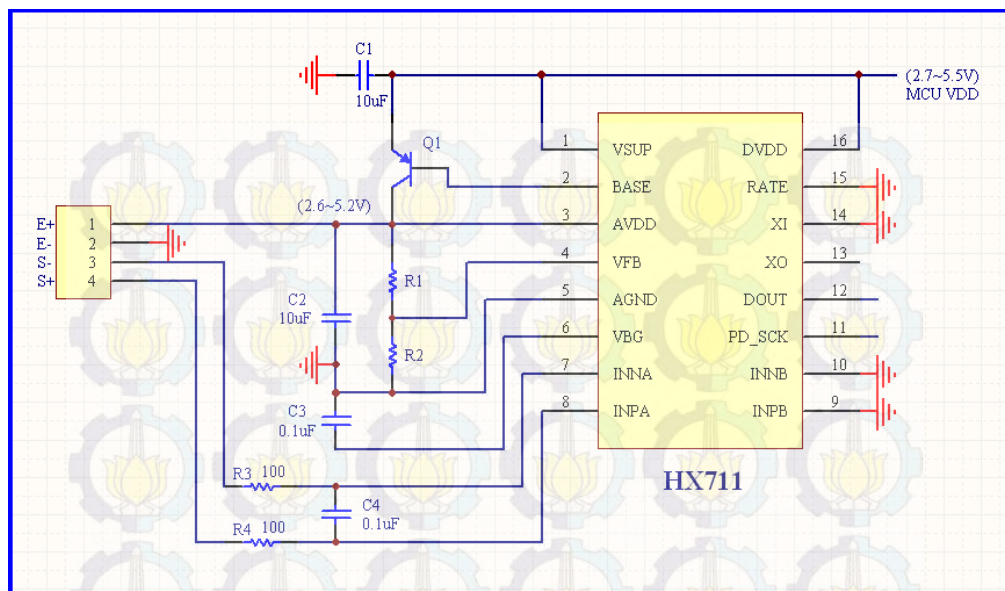


Fig.4 Reference PCB board schematic

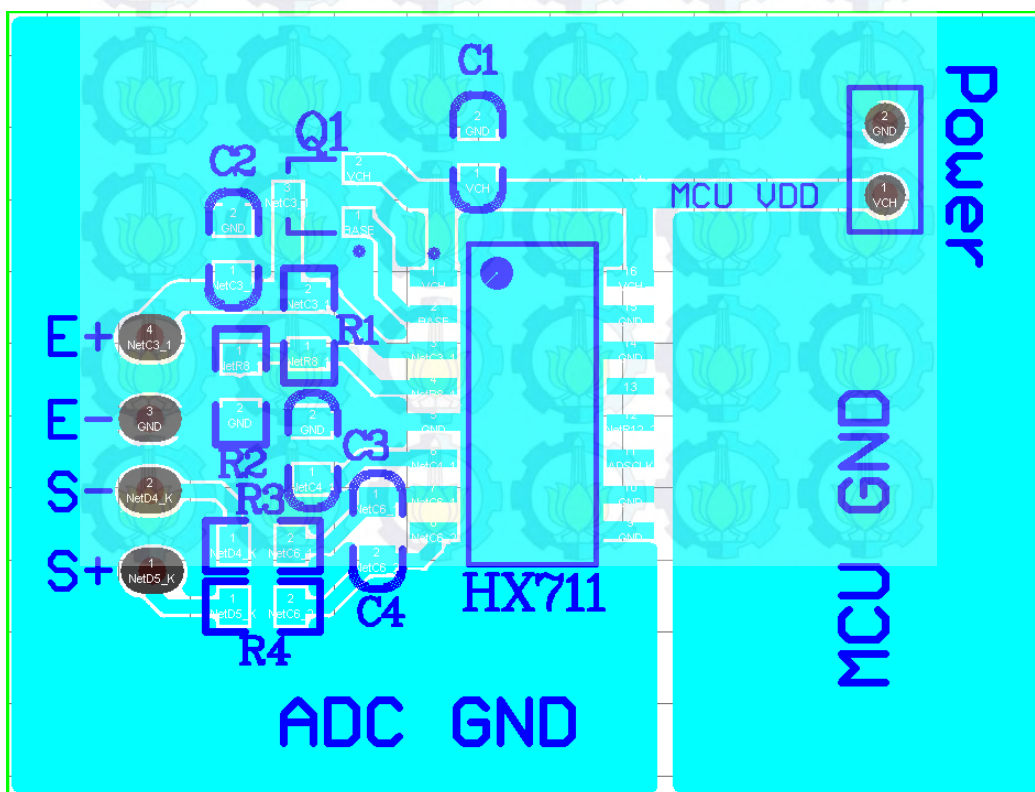


Fig.5 Reference PCB board layout

## Reference Driver (Assembly)

```

/*-----
Call from ASM:      LCALL   ReaAD
Call from C:      extern unsigned long ReadAD(void);

.
.
.
        unsigned long data;
        data=ReadAD();
.
.
.
*/-----

PUBLIC      ReadAD
HX711ROM    segment   code
rseg        HX711ROM

sbit        ADD0 = P1.5;
sbit        ADSK = P0.0;
/*-----
OUT:   R4, R5, R6, R7   R7=>LSB
*/-----

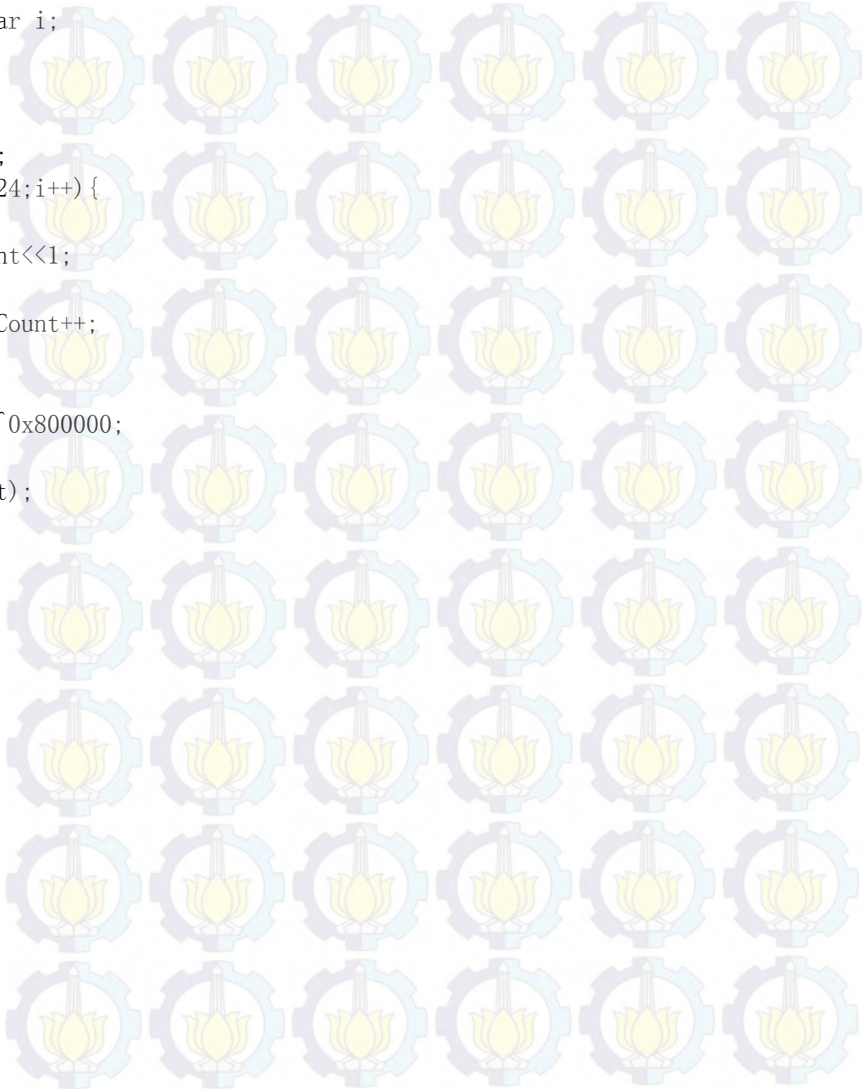
ReadAD:
    CLR     ADSK           //AD Enable (PD_SCK set low)
    SETB    ADD0           //Enable 51CPU I/O
    JB      ADD0,$         //AD conversion completed?
    MOV     R4,#24

ShiftOut:
    SETB    ADSK           //PD_SCK set high (positive pulse)
    NOP
    CLR     ADSK           //PD_SCK set low
    MOV     C,ADD0         //read on bit
    XCH     A,R7           //move data
    RLC     A
    XCH     A,R7
    XCH     A,R6
    RLC     A
    XCH     A,R6
    XCH     A,R5
    RLC     A
    XCH     A,R5
    DJNZ    R4,ShiftOut    //moved 24BIT?
    SETB    ADSK
    NOP
    CLR     ADSK
    RET
    END

```

## Reference Driver (C)

```
//-----  
sbit  ADD0 = P1^5;  
sbit  ADSK = P0^0;  
unsigned long ReadCount(void) {  
    unsigned long Count;  
    unsigned char i;  
    ADD0=1;  
    ADSK=0;  
    Count=0;  
    while(ADD0);  
    for (i=0;i<24;i++) {  
        ADSK=1;  
        Count=Count<<1;  
        ADSK=0;  
        if(ADD0) Count++;  
    }  
    ADSK=1;  
    Count=Count^0x800000;  
    ADSK=0;  
    return(Count);  
}
```





# HC-SR04 Ultrasonic Range Finder

## Manual

### Features

- Distance measurement range: 2cm - 400cm
- Accuracy: 0.3cm
- Detect angle: 15 degree
- Single +5V DC operation
- Current consumption: 15mA



Fig. 1

### How It Works

HC-SR04 consists of ultrasonic transmitter, receiver, and control circuits. When triggered it sends out a series of 40KHz ultrasonic pulses and receives echo from an object. The distance between the unit and the object is calculated by measuring the traveling time of sound and output it as the width of a TTL pulse.

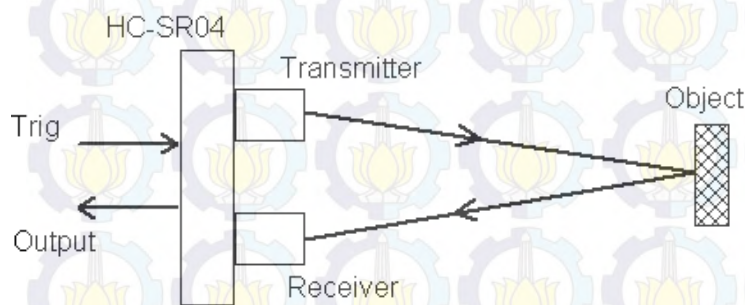


Fig. 2

### How To Use It

To measure distance you need to generate a trig signal and drive it to the Trig Input pin. The trig signal level must meet TTL level requirements (i.e. High level > 2.4V, low level < 0.8V) and its width must be greater than 10us. At the same time you need to monitor the Output pin by measuring the pulse width of output signal. The detected distance can be calculated by the formula below.

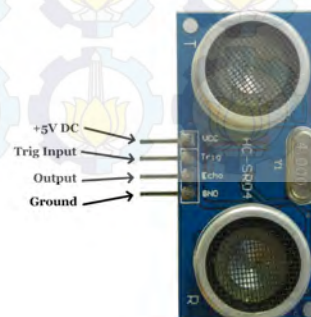
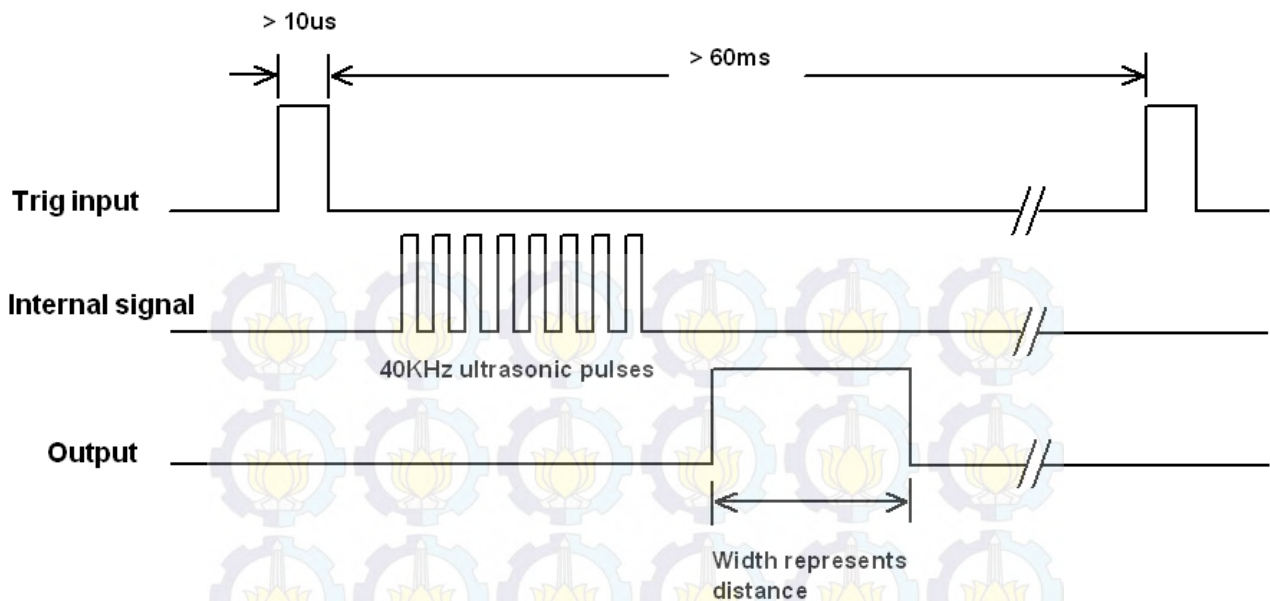


Fig.3

$$\text{Distance} = \frac{\text{Pulse Width} * \text{Sound Speed}}{2}$$

where the pulse width is in unit of second and sound speed is in unit of meter/second. Normally sound speed is 340m/s under room temperature.



**Fig. 4**

- Notes:**
1. The width of trig signal must be greater than  $10\mu s$
  2. The repeat interval of trig signal should be greater than  $60ms$  to avoid interference between consecutive measurements.

### Specifications

Parameters	Specification
Operating Voltage	+5V DC
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Maximum Distance	400cm
Minimum Distance	2cm
Detect Angle	15 degree
Resolution	0.3cm
Input Trig Signal	$>10\mu s$ TTL pulse
Output Signal	TTL pulse with width representing distance
Weight	
Dimension	45 x 20 x 15 mm



# Electronet Equipments Pvt. Ltd.



## Electrode · Test Pen

pH · ORP · ISE · DO · COND · TDS · SALT



## Introduction

The range of supply includes pH, ORP, Conductivity, DO and Ion Selective Electrodes, as well as many types of Test Pen, such as pH, ORP, Conductivity, TDS and Salt Test Pen. We can customize them for you.

Our goal is to offer quality products, competitive price to our customers. Contact Electronet Equipments sales team for more details. All of your concerns and supports are appreciated highly by Electronet Equipment.

### pH/ORP/COND Electrodes Selection Guide

APPLICATION	pH MODEL	ORP MODEL	COND MODEL
General purpose, aqueous pH measurement. Quality control, general laboratory and aquarium water.	E-201-C-9, E-201-9, 6501	501, 502, 503, 504	DJS-10, DJS-1, DJS-0.1
High /Low ionic concentration samples measurement.	E-900, E-903	501, 502, 503, 504	DJS-1, DJS-10
High viscosity solutions such as emulsions, suspensions, paints and varnishes where frequent cleaning of the reference is necessary.	9503, 6503	503, 504	
Low ionic strength solutions, such as high purity water.	6502	504	DJS-0.1
Waster water, soil solution measurement.	6501, 6503	503, 504	DJS-10
Strong Acid/Alkaline/Abrasive/Organic solution measurement.	6503	503, 504	DJS-10
Flat surface measurement such as food, cheese, paper, skin, textile, leather and agar plates.	E-901		
Swimming pool, pH control under continuous flow conditions.	SP-300	SP-302	SP-301
Temperature compensation electrode, temperature cell can be platinum (Pt 100, Pt 1000) or thermistor as requirement.	E-1000 1003		DJS-0.1W DJS-1W

**E-201-9 pH Combination Electrode**

General Purpose. Routine pH. For rugged use: for field, school or lab use.

pH Range	0-14
Temp. Range(°C)	5-60
Liquid Junction Type	Fiber
Reference Junction	Single /Sealed
Internal Reference Type	Ag/AgCl
Dimensions(mm)	φ12x160

**E-201-C-9 pH Combination Electrode**

Same as E-201-9. But it is refillable.

pH Range	0-14
Temp. Range(°C)	5-60
Liquid Junction Type	Fiber
Reference Junction	of Single /Refillable
Internal Reference Type	Ag/AgCl
Dimensions(mm)	φ12x160

**E-900 pH Combination Electrode**

High /Low ionic concentration samples pH measurement such as rain, acid rain, seawater and drinking water.

pH Range	0-14
Temp. Range(°C)	5-60
Liquid Junction Type	Teflon
Reference Junction	Single /Sealed
Internal Reference Type	Ag/AgCl
Dimensions(mm)	φ12x165

**E-901 pH Combination Electrode**

Flat surface measurement such as food, cheese, paper, skin, textile, leather and agar plates.

pH Range	0-14
Temp. Range(°C)	5-60
Liquid Junction Type	Teflon
Reference Junction	Single /Sealed
Internal Reference Type	Ag/AgCl
Dimensions(mm)	φ12x155

**E-1000 Triode 3-in-1 pH/ATC Electrode**

Routine pH measurement with temperature compensation. Temperature cell can be platinum resistor (Pt 100, Pt 1000) or thermistor as required.

pH Range	0-14
Temp. Range(°C)	5-60
Liquid Junction Type	Teflon
Reference Junction	Single /Sealed
Internal Reference Type	Ag/AgCl
Dimensions(mm)	φ12x160







**Marketed By:-**

 **ELECTRONET EQUIPMENTS PVT. LTD**  
**PROCESS CONTROL INSTRUMENT & AUTOMATION**

Plot No 84,85 & 86,  
Tiny Industrial Estate,  
Kondhwa Budruk,



Pune - 411 048 Maharashtra, INDIA

Telefax : +91 20 2693 4122 / 1476

Sales : +91 20 2693 4121

E-mail : [HO@eeplindia.com](mailto:HO@eeplindia.com)

Web : [www.eeplindia.com](http://www.eeplindia.com)



 **ELECTRONET**



## Susu segar - Bagian 1: Sapi

### 1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan persyaratan mutu, pengambilan contoh, pengujian, pengemasan, dan pelabelan susu sapi segar.

Standar ini digunakan hanya untuk susu sapi segar sebagai bahan baku pengolahan lanjut.

### 2 Acuan normatif

Untuk acuan bertanggal berlaku edisi yang tertulis dan untuk acuan tidak bertanggal edisi terakhir yang berlaku (termasuk revisi dan amendemennya).

SNI 0429, *Petunjuk pengambilan contoh cairan dan semi padat*.

SNI 2782, *Metoda pengujian susu segar*.

SNI 2896, *Cara uji cemaran logam dalam makanan*.

SNI 2697:2008, *Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu, serta hasil olahannya*.

SNI 7424:2008, *Metode uji tapis (screening test) residu antibiotika pada daging, telur dan susu secara bioassay*.

Joint IDF/ISO Standard-IDF 148-1-ISO/13366-1, *Milk-Enumeration of somatic cell-part 1 Microscopic method (reference method)*.

### 3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan standar ini, istilah dan definisi berikut digunakan:

#### 3.1 susu segar (raw milk)

cairan yang berasal dari ambung sapi sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali pendinginan

#### 3.2 Nomor Kontrol Veteriner (NKV)

sertifikat sebagai bukti tertulis yang sah telah dipenuhinya persyaratan higiene-sanitasi sebagai kelayakan dasar jaminan keamanan pangan asal hewan pada unit usaha pangan asal hewan

#### 4 Persyaratan mutu

Persyaratan mutu susu segar dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 - Syarat mutu susu segar

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
a.	Berat Jenis (pada suhu 27,5 °C) minimum	g/ml	1,0270
b.	Kadar lemak minimum	%	3,0
c.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
d.	Kadar protein minimum	%	2,8
e.	Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
f.	Derajat asam	°SH	6,0 – 7,5
g.	pH	-	6,3 – 6,8
h.	Uji alkohol (70 %) v/v	-	Negatif
i.	Cemaran mikroba, maksimum: 1. Total Plate Count 2. <i>Staphylococcus aureus</i> 3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/ml CFU/ml CFU/ml	$1 \times 10^4$ $1 \times 10^2$ $1 \times 10^3$
j.	Jumlah sel somatis maksimum	sel/ml	$4 \times 10^5$
k.	Residu antibiotika (Golongan penisilin, Tetrasiklin, Aminoglikosida, Makrolida)	-	Negatif
l.	Uji pemalsuan	-	Negatif
m.	Titik beku	°C	-0,520 s.d - 0,560
n.	Uji peroxidase	-	Positif
o.	Cemaran logam berat, maksimum: 1. Timbal (Pb) 2. Merkuri (Hg) 3. Arsen (As)	µg/ml µg/ml µg/ml	0,02 0,03 0,1

#### 5 Pengambilan contoh

Cara pengambilan contoh sesuai dengan SNI 0429.

#### 6 Pengujian

6.1 Cara pengujian berat jenis, kadar lemak, kadar bahan kering tanpa lemak, kadar protein, warna, bau, rasa, kekentalan, derajat asam, pH, uji alkohol, uji pemalsuan, titik beku dan uji peroxidase sesuai dengan SNI 2782.

6.2 Cara pengujian cemaran mikroba sesuai dengan SNI 2897:2008.

6.3 Cara pengujian sel somatis sesuai dengan Joint IDF/ISO Standard-IDF 146-1-ISO/13366-1.

6.4 Cara pengujian residu antibiotik sesuai dengan SNI 7424:2008.

#### 6.5 Cara pengujian cemaran logam berat sesuai dengan SNI 2896.

### 7 Pengemasan

Susu segar dikemas dalam wadah tertutup yang terbuat dari bahan yang tidak toksik dan tidak mengakibatkan penyimpangan/kerusakan susu segar selama penyimpanan dan pengangkutan.

### 8 Pelabelan

Informasi pada label kemasan primer minimal mencantumkan nama produk, nama produsen, berat bersih atau isi bersih, dan NKV.

### 9 Rekomendasi

Karakteristik mutu cemaran logam berat dipersyaratkan jika diperlukan dan pengujianya sesuai dengan SNI 2896.



## Bibliografi

Undang-undang Nomor 18 Tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan hewan;

Peraturan Pemerintah No. 69 Tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan;

Peraturan Menteri Pertanian Nomor 381/Kpts/OT.140/10/2005 tentang Pedoman Sertifikasi Kontrol Veteriner Pada Unit Usaha Pangan Asal Hewan;

CAC/RCP 57-2004 *Code Of Hygienic Practice For Milk And Milk Products*;

SNI 7387:2009, Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan;

SNI 7388:2009, Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan.

## BIODATA PENULIS



Tri Santoso lahir di Boyolali, 19 Maret 1988. Anak terakhir dari lima bersaudara. Setelah tamat di Sekolah Menengah Atas (SMA Negeri 1 Boyolali) tahun 2006, penulis melanjutkan studi Program Diploma III Teknik Elektro di Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2009. Selepas Diploma, sempat bekerja di bidang *heavy equipment & mining* sampai dengan 2013. Di tahun yang sama melanjutkan studi di Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Elektro, FTI - ITS. Pada pertengahan tahun 2013 penulis memilih bidang studi Elektronika dan mengambil topik Tugas Akhir di Laboratorium Industri.